

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN
FLEXIBLE JOB SHOP WITH DUE WINDOWS DENGAN
GABUNGAN ALGORITMA GENETIKA DAN *SIMULATED ANNEALING*
(Studi Kasus: Penjadwalan Produksi Sepatu dan Sandal di Kota Bandung)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika



Oleh:

Ririn Indriyani

NIM 2101579

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN
FLEXIBLE JOB SHOP WITH DUE WINDOWS DENGAN
GABUNGAN ALGORITMA GENETIKA DAN *SIMULATED ANNEALING*
(Studi Kasus: Penjadwalan Produksi Sepatu dan Sandal di Kota Bandung)**

Oleh
Ririn Indriyani
2101579

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

© Ririn Indriyani 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Juni 2025

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

RIRIN INDRIYANI

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN
FLEXIBLE JOB SHOP WITH DUE WINDOWS DENGAN
GABUNGAN ALGORITMA GENETIKA DAN *SIMULATED ANNEALING*
(Studi Kasus: Penjadwalan Produksi Sepatu dan Sandal di Kota Bandung)**

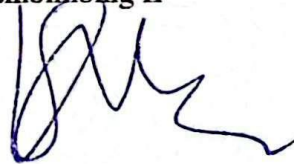
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing,
Pembimbing I



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

NIP. 197711282008122001

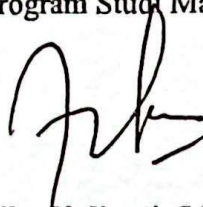
Pembimbing II



Dr. Sumanang M. Gozali, M.Si.

NIP. 197411242005011001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



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

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji masalah *flexible job shop with due windows* yang merupakan masalah *flexible job shop*, di mana terdapat beberapa alternatif mesin untuk mengoperasikan sejumlah *job* dengan mempertimbangkan adanya *due windows*, yaitu interval waktu yang diperbolehkan untuk menyelesaikan suatu *job*. Penyelesaian masalah *flexible job shop with due windows* bertujuan untuk meminimalkan penalti *earliness* dan *tardiness* berdasarkan batas waktu penyelesaian (*due windows*), sehingga seluruh *job* dapat selesai pada suatu interval waktu yang telah ditentukan. Penelitian ini menyelesaikan masalah penjadwalan *flexible job shop with due window* dengan menggunakan gabungan algoritma genetika dan *simulated annealing* (GASA). Tahapan metode ini diawali dengan melakukan pencarian solusi menggunakan algoritma genetika yang terdiri dari pembangkitan populasi awal, evaluasi nilai *fitness*, seleksi, *crossover*, dan mutasi. Proses pencarian solusi dengan algoritma genetika dilakukan hingga kriteria penghentian algoritma genetika terpenuhi dan diperoleh solusi terbaik dari algoritma genetika. Solusi tersebut digunakan sebagai solusi awal pada metode *simulated annealing*. Seluruh rangkaian proses ini diulang hingga tercapai kriteria penghentian. Solusi terbaik diambil dari solusi global yang memiliki nilai fungsi objektif terkecil. Masalah penjadwalan *flexible job shop with due windows* dengan menggunakan GASA diterapkan pada suatu perusahaan produksi sepatu dan sandal di Kota Bandung. Hasil implementasi menunjukkan bahwa GASA dapat menyelesaikan penjadwalan *flexible job shop with due windows* dengan optimal sehingga seluruh *job* dapat selesai tepat pada interval waktu yang ditentukan. Selain itu, GASA menghasilkan solusi masalah *flexible job shop with due windows* lebih baik dibandingkan hanya menggunakan algoritma genetika ataupun *simulated annealing*.

Kata Kunci: Penjadwalan, *Flexible Job Shop*, *Due Windows*, Gabungan Algoritma genetika dan *Simulated Annealing* (GASA)

ABSTRACT

This research investigates the flexible job shop with due windows problem which is a flexible job shop problem, where multiple alternative machines are available to operate a set of jobs while considering the presence of due windows, which represent the time intervals allowed to complete each job. The solution to the flexible job shop with due windows problem aims to minimize earliness and tardiness penalties based on due windows so that all jobs can be completed within a specified time interval. This research addresses the scheduling problem of a flexible job shop with due windows using a combination of genetic algorithm and simulated annealing (GASA). The stages of this method begin with searching for solutions using a genetic algorithm, which consists of initial population generation, fitness value evaluation, selection, crossover, and mutation. The solution search process with the genetic algorithm continues until the termination criteria are met and the best solution is obtained. The solution is used as the initial solution in the simulated annealing method. The entire sequence of processes is repeated until the stopping criteria are met. The best solution is taken from the global solution that has the smallest objective function value. The flexible job shop with due windows scheduling problem using GASA is applied to a shoes and sandals production company in the city of Bandung. The implementation results demonstrate that the GASA can optimally schedule a flexible job shop with due windows, ensuring that all jobs are completed within the specified time intervals. Furthermore, the GASA method produces better solutions for the flexible job shop with due windows problem compared to using the genetic algorithm or the simulated annealing.

Keywords: *Schedulling, Flexible Job Shop, Due Windows, Combination of Genetic Algorithm and Simulated Annealing (GASA)*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penjadwalan Produksi.....	5
2.1.1 Tujuan Penjadwalan	5
2.1.2 Istilah-istilah dalam Penjadwalan	6
2.1.3 <i>Gantt Chart</i>	7
2.2 <i>Job Shop</i>	8
2.3 <i>Flexible Job Shop</i>	9
2.3.1 <i>Flexible Job Shop with Due Windows</i>	9
2.4 Algoritma Genetika	10
2.4.1 Istilah-istilah dalam Algoritma Genetika	10
2.4.2 Pengodean Algoritma Genetika.....	11
2.4.3 Pembangkitan Populasi Awal.....	12
2.4.4 Fungsi <i>Fitness</i>	12
2.4.5 Seleksi.....	13
2.4.6 <i>Crossover</i>	14

2.4.7 Mutasi	17
2.5 <i>Simulated Annealing</i>	19
2.5.1 Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	20
2.5.2 Komponen <i>Simulated Annealing</i>	20
2.6 GASA	21
2.7 Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Deskripsi Masalah	24
3.2 Tahapan Penelitian	25
3.3 Model Optimisasi	26
3.4 Teknik Penyelesaian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Model Optimisasi	37
4.2 Contoh Kasus	39
4.3 Implementasi	47
4.3.1 Data Penelitian	48
4.3.2 Model Optimisasi	54
4.3.3 Validasi	55
4.3.4 Tahap Implementasi	56
4.3.5 Hasil Implementasi	59
4.3.6 Analisis Parameter	63
4.3.7 Perbandingan Hasil GA, SA, dan GASA	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh <i>Gant Chart</i>	8
Gambar 2.2 Ilustrasi Representasi Struktur dalam Algoritma genetika.....	11
Gambar 2.3 Contoh <i>Crossover</i> Satu Titik.....	14
Gambar 2.4 Contoh <i>Crossover</i> Dua Titik	15
Gambar 2.5 Contoh <i>Crossover</i> Seragam.....	15
Gambar 2.6 Langkah (a) <i>Partially Mapped Crossover</i>	16
Gambar 2.7 Langkah (d) <i>Partially Mapped Crossover</i>	16
Gambar 2.8 Langkah (e) <i>Partially Mapped Crossover</i>	16
Gambar 2.9 Contoh <i>Bit Flip Mutation</i>	17
Gambar 2.10 Contoh <i>Swap Mutation</i>	18
Gambar 2.11 Contoh <i>Inversion Mutation</i>	18
Gambar 2. 12 Contoh <i>Insertion Mutation</i>	18
Gambar 2.13 Contoh <i>Mutasi Value Encoding</i>	19
Gambar 3.1 Contoh Representasi Kromosom	29
Gambar 3.2 Contoh <i>Precendence Operation Crossover</i> (POX) pada Bagian Urutan Operasi	32
Gambar 3.3 Contoh Kromosom Induk pada Proses <i>Crossover</i> Dua Titik.....	32
Gambar 3.4 Contoh Titik Acak Kromosom Induk pada Proses <i>Crossover</i> Dua Titik	32
Gambar 3.5 Contoh <i>Offspring</i> Bagian Penugasan Mesin pada Proses <i>Crossover</i> Dua Titik	33
Gambar 3.6 Contoh Kromosom Induk pada Proses Mutasi.....	33
Gambar 3.7 Contoh Titik Acak Kromosom Induk pada Proses Mutasi	33
Gambar 3.8 Contoh <i>Offspring</i> pada Proses Mutasi.....	33
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> GASA	36
Gambar 4.1 Pembangkitan Populasi Awal.....	40
Gambar 4.2 Kromosom Individu 1 dan Individu 7 untuk Proses <i>Crossover</i>	42
Gambar 4.3 <i>Offspring</i> Hasil <i>Crossover</i> Bagian Urutan Operasi.....	42
Gambar 4.4 <i>Offspring</i> Hasil <i>Crossover</i> Bagian Penugasan Mesin	42
Gambar 4.5 Kromosom Induk dan <i>Offspring</i> Hasil Mutasi.....	43

Gambar 4.6 Kromosom Solusi Terbaik dari Algoritma Genetika	45
Gambar 4.7 Kromosom Solusi Tetangga	45
Gambar 4.8 <i>Gant Chart</i> Contoh Kasus	46
Gambar 4.9 Hasil Komputasi Contoh Kasus dengan Program Python.....	56
Gambar 4.10 Tahapan GASA untuk Masalah Penjadwalan <i>Flexible Job Shop with Due Windows</i>	58
Gambar 4.11 Hasil Run Program Penjadwalan <i>Flexible Job Shop with Due Windows</i> Pada Produksi Sepatu dan Sandal	60
Gambar 4.12 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Produksi Sepatu dan Sandal	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh <i>Binary Encoding</i>	11
Tabel 2.2 Contoh <i>Permutation Encoding</i>	12
Tabel 2.3 Contoh <i>Value Encoding</i>	12
Tabel 4.1 Data Contoh Penjadwalan <i>Flexible Job Shop with Due Windows</i>	39
Tabel 4.2 Nilai <i>Fitness</i> Pada Setiap Individu.....	41
Tabel 4.3 Hasil Seleksi <i>Binary Tournament</i>	41
Tabel 4.4 Evaluasi Nilai <i>Fitness</i> Seluruh Individu.....	44
Tabel 4.5 Nilai Fungsi Objektif Solusi Terbaik GA dan Solusi Tetangga.....	45
Tabel 4.6 Urutan Operasi Pada Setiap Mesin	46
Tabel 4.7 Data pesanan pada Perusahaan Produksi Sepatu dan Sandal.....	48
Tabel 4.8 Data Operasi pada setiap <i>Job</i> (Pesanan)	49
Tabel 4.9 Data Alternatif Mesin.....	52
Tabel 4.10 Data Interval Waktu Setiap <i>Job</i> (Dalam Menit)	54
Tabel 4.11 Hasil Urutan Operasi pada Setiap Mesin	61
Tabel 4.12 Pengaruh Parameter <i>Pop Size</i>	64
Tabel 4.13 Pengaruh Parameter Generasi Maksimum.....	65
Tabel 4.14 Pengaruh Parameter <i>Crossover Rate</i>	66
Tabel 4.15 Pengaruh Parameter <i>Mutation Rate</i>	67
Tabel 4.16 Pengaruh Parameter Besar Suhu Awal	69
Tabel 4.17 Pengaruh Parameter Besar Suhu Akhir.....	70
Tabel 4.18 Pengaruh Parameter Laju Penurunan Suhu.....	71
Tabel 4.19 Hasil Perbandingan Nilai Fungsi Objektif pada GA,SA, dan GASA	74
Tabel 4.20 Hasil Perbandingan Waktu Komputasi pada GA,SA, dan GASA.....	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Waktu Proses Mesin pada Setiap Operasi (Dalam Menit).....	81
Lampiran 2 Hasil Penjadwalan pada Perusahaan Produksi Sepatu dan Sandal....	90
Lampiran 3 <i>Coding</i> Program Python GASA untuk Menyelesaikan Masalah <i>Flexible Job Shop with Due Windows</i>	101

DAFTAR PUSTAKA

- Azzahro, F. (2024). *Penyelesaian Masalah Penjadwalan Flexible Job Shop dengan Algoritma Genetika*. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Baker, K. R., Trietsch, D. (2009). *Principles Of Sequencing and Scheduling*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brucker, P. (2007). *Scheduling Algorithms*. 5th ed. New York: Springer.
- Campo, E., Cano, J., Montoya, R., Rodriguez-Velasquez, 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, 334. doi: <https://doi.org/10.3390/a15100334>
- Chen, R., Yang, B., Li, S., & Wang, S. (2020). A Self-Learning Genetic Algorithm Based on Reinforcement Learning for Flexible Job-shop Scheduling Problem. *Computers & industrial engineering*, 149, 106778. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106778>
- Fang, J., Cheang, B., & Lim, A. (2023). Problems and Solution Methods of Machine Scheduling in Semiconductor Manufacturing Operations: A Survey. *Sustainability*, 15(17), 13012. doi: <https://doi.org/10.3390/su151713012>
- Firmansyah, Y. S. (2020). *Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Gabungan Algoritma Genetika dan Simulated Annealing*. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Gelders, L., & Kleindorfer, P. R. (1974). Coordinating Aggregate and Detailed Scheduling Decisions in the One-Machine Job Shop: Part I. Theory. *Operations Research*, 22(1), 46-60. doi: <http://dx.doi.org/10.1287/opre.22.1.46>
- Ginting, R. (2009). *Penjadwalan Mesin*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Hafizhah, S. (2023). *Penentuan Rute Penjemputan Sampah Terpilah Dengan Mengaplikasikan Penyelesaian Multi Traveling Salesman Problem Menggunakan Algoritma Genetika*. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.

- Huang, R. H., Yang, C. L., & Cheng, W. C. (2013). Flexible Job Shop Scheduling with Due Window—a Two-Pheromone Ant Colony Approach. *International Journal of Production Economics*, 141(2), 685-697. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.10.011>
- Marzouki, B., Driss, O. B., & Ghédira, K. (2018). Solving Distributed and Flexible Job Shop Scheduling Problem Using a Chemical Reaction Optimization Metaheuristic. *Procedia Computer Science*, 126, 1424-1433. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.114>
- Nasution, Arman Hakim, dan Yudha Prasetyawan.(2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Graha Ilmu:Yogyakarta.
- Ning, Z., Tao, C., Fei, L., & Haitao, X. (2015). A Hybrid Heuristic Algorithm for the Intelligent Transportation Scheduling Problem of the BRT System. *Journal of Intelligent Systems*, 24(4), 437-448. doi: <https://doi.org/10.1515/jisys-2014-0134>
- Panggabean, H. P. (2004). Algoritma Simulated Annealing untuk Pembentukan Sel Mesin dengan Dua Tipe Fungsi Objektif dan Dua Cara Pembatasan Sel. *Jurnal Teknik Industri*, 6(1), 10-24. doi: <https://doi.org/10.9744/jti.6.1.10-24>
- Putra, A. P., & Hunusalela, Z. F. (2022). Usulan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Tabu Search dan Ant Colony Optimization Untuk Meminimumkan Makespan di PT. Raja Ampat Indotim. *Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 5(2), 139-147. doi: <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1022>
- Pinedo, M. L. (2008). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. 3rd ed. New York: Springer Publishing Company, Incorporated.
- Suprpto, B. Y. (2012). Metode Algoritma Genetika dengan Sistem Fuzzy Logic untuk Penentuan Parameter Pengendali PID. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 10(1), 32-38.
- Sugeha, I. H., Inkiriwang, R. L., & Pratasias, P. A. (2019). Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal sipil statik*, 7(12).

- Suyatno. (2010). *Algoritma Optimasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Song, J. (2012). Integrated Optimal Algorithm for Flexible Job Shop Scheduling with Due Windows. *Proceedings of the 10th World Congress on Intelligent Control and Automation*, 638-642. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/WCICA.2012.6357957>
- Tampubolon, F. (2021). Penyelesaian Penjadwalan Flexible Job Shop Untuk Minimasi Due Windows dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(06), 894-903. doi: <https://doi.org/10.36418/jiss.v2i6.326>