

**OPTIMISASI PENJADWALAN KERETA API JALUR GANDA
MENGUNAKAN MODEL *JOB-SHOP* DAN ALGORITMA
SIMULATED ANNEALING**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Matematika Program Studi Matematika



Oleh
Fachri Hidayah Maliki Saddam
NIM 2006263

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2024**

LEMBAR HAK CIPTA

**OPTIMISASI PENJADWALAN KERETA API JALUR GANDA
MENGUNAKAN MODEL *JOB-SHOP* DAN ALGORITMA
SIMULATED ANNEALING**

Oleh

Fachri Hidayah Maliki Saddam

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Matematika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

© Fachri Hidayah Maliki Saddam 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 dari penulis.

i

LEMBAR PENGESAHAN

FACHRI HIDAYAH MALIKI SADDAM

OPTIMISASI PENJADWALAN KERETA API JALUR GANDA MENGGUNAKAN
MODEL JOB-SHOP DAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING

Disetujui dan disahkan oleh :

Pembimbing I

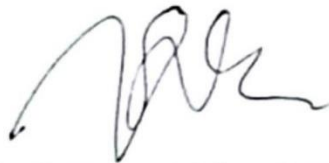
28/06/2024



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

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II



02/07/2024

Dr. Sumanang Muhtar Gozali, M.Si.

NIP. 197411242005011001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Matematika



Dr. Kartika Yulianti, M.Si

NIP. 198207282005012001

ii

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimisasi Penjadwalan Kereta Api Jalur Ganda Menggunakan Model *Job-Shop* dan Algoritma Simulated Annealing” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juni 2024

Fachri Hidayah Maliki Saddam
2006263

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah Yang Maha Esa karena telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Optimisasi Penjadwalan Kereta Api Jalur Ganda Menggunakan Model *Job-Shop* dan Algoritma Simulated Annealing”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI).

Terima kasih penulis sampaikan untuk semua pihak yang membantu menyelesaikan skripsi ini terutama untuk kedua orang tua dengan doa dan dukungan yang tiada hentinya, Ibu Dr. Khusnul Novianingsih S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing I, Bapak Dr. Sumanang Muhtar Gozali M.Si, selaku dosen pembimbing II, teman-teman program studi matematika angkatan 2020 serta pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam perkuliahan maupun penyelesaian skripsi ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan guna penyempurnaan dan pengembangan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, pembaca, dan dunia pendidikan.

Bandung, Juni 2024

Fachri Hidayah Maliki Saddam

OPTIMISASI PENJADWALAN KERETA API JALUR GANDA MENGUNAKAN MODEL *JOB-SHOP* DAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING

ABSTRAK

Masalah penjadwalan kereta api merupakan kasus khusus dari masalah penjadwalan *job-shop*. Berdasarkan konsep penjadwalan *job-shop*, perjalanan kereta api dapat dianggap sebagai pekerjaan (*job*) yang akan dioperasikan pada suatu sumber daya (*resource*) yang berupa petak blok atau rel. Algoritma *Simulated Annealing* diimplementasikan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan kereta api dengan rute Bandung – Padalarang. Langkah awal dari Algoritma *Simulated Annealing* adalah menghitung nilai objektif dari solusi awal yang dihasilkan dari data perjalanan kereta api rute Bandung – Padalarang. Selanjutnya Algoritma *Simulated Annealing* menghasilkan solusi tetangga dengan mengubah beberapa variabel pada solusi awal. Jika solusi tetangga memiliki nilai fungsi objektif yang lebih baik, maka solusi tersebut akan diterima sebagai solusi baru. Jika solusi tetangga memiliki nilai fungsi objektif yang lebih buruk, maka solusi tetangga masih dapat diterima dengan suatu probabilitas tertentu. Secara bertahap suhu akan diturunkan sampai diperoleh solusi optimal. Hasil implementasi menunjukkan bahwa Algoritma *Simulated Annealing* dapat menghasilkan jadwal perjalanan kereta api yang optimal dengan total waktu tempuh yang maksimum.

Kata kunci: Penjadwalan kereta api, Optimisasi, *job-shop*, *Simulated Annealing*

OPTIMIZING DOUBLE TRACK TRAIN SCHEDULING USING JOB-SHOP MODEL AND SIMULATED ANNEALING ALGORITHM

ABSTRACT

The train scheduling problem is a special case of job-shop scheduling problems. Based on the job-shop scheduling concept, train travel can be considered as the job that will be operated on some source power (resource) in the form of plot blocks or rails. This study aims to implement Simulated Annealing Algorithm in solving scheduling problems train on the Bandung – Padalarang routes. On the initial step, the algorithm will calculate objective value from the initial solution resulting from train travel data. The neighbor solution is generated by changing a number of variables from the initial solution. If the neighbor solution has a better objective value, then the solution will be accepted as new solution. If the neighbor solution objective functional value is not worse, then the neighbor solution still can be accepted with a certain probability. The temperature will be reduced gradually until the optimal solution is obtained. Th implementation results show that Simulated Annealing Algorithm can generate optimal for train schedule with the maximum total time travel.

Key Words: *Train scheduling, Optimization, job-shop, Simulated Annealing*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Penjadwalan.....	5
2.2 Simulated Annealing	6
2.3 Job-Shop.....	9
2.4 Aturan Umum Perjalanan Kereta Api Jalur Ganda.....	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Deskripsi Masalah	12
3.2 Tahapan Penelitian.....	14
3.3 Model Optimisasi Penjadwalan Kereta Api	15
3.4 Algoritma Simulated Annealing untuk Penjadwalan Kereta Api	22
3.4.1. Inisiasi Parameter Input	23
3.4.2. Inisiasi Solusi Awal.....	24
3.4.3. Pembangkitan Solusi Tetangga.....	27
3.4.4. Penghitungan Perubahan Biaya	28

3.4.5. Proses Pendinginan	29
3.4.6. Penghentian Algoritma	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Data Penelitian	31
4.3 Validasi	37
4.4 Hasil Implementasi.....	38
4.5 Analisis Parameter SA.....	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Ilustrasi Proses Penjadwalan Kereta Api.....	21
Gambar 3.2 Data simulasi panjang petak blok antar stasiun.	23
Gambar 4.1 Ilustrasi Perjalanan Kereta Api dan Petak Blok Rute Bandung – Padalarang.	31
Gambar 4.2 Hasil Output Program Menggunakan python 3.7.9.	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analogi antara sistem fisika dan permasalahan operasi kombinatorial.....	7
Tabel 3.1 Rentang nilai parameter input	21
Tabel 3.2 Contoh jadwal kereta api <i>outbound</i> yang akan dioptimalkan	22
Tabel 3.3 Contoh jadwal kereta api <i>inbound</i> yang akan dioptimalkan	22
Tabel 3.4 Data simulasi dari perjalanan kereta api stasiun 1 - stasiun 3	23
Tabel 3.5 Simulasi jadwal kedatangan (Arrive) dan keberangkatan (Departure) kereta api dari stasiun 1 ke stasiun 3 (menit ke-) untuk kereta <i>outbound</i>	24
Tabel 3.6 Simulasi jadwal kedatangan (Arrive) dan keberangkatan (Departure) kereta api dari stasiun 1 ke stasiun 3 (menit ke-) untuk kereta <i>inbound</i>	24
Tabel 3.7 Contoh Solusi tetangga.....	25
Tabel 3.8 Contoh Solusi Baru pada Akhir Loop Pertama.	27
Tabel 4.1 Waktu keberangkatan perjalanan kereta inbound Padalarang – Bandung	30
Tabel 4.2 Waktu keberangkatan perjalanan kereta outbound Bandung – Padalarang	30
Tabel 4.3 Data Panjang Petak Blok.....	31
Tabel 4.4 Data Waktu Tempuh Kereta Api Perjalanan Outbound.....	32
Tabel 4.5 Data Waktu Tempuh Kereta Api Perjalanan Inbound	32
Tabel 4.6 Data Kecepatan Kereta Api.	33
Tabel 4.7 Hasil Penjadwalan Kereta Api Outbound dalam Menit	36
Tabel 4.8 Hasil Penjadwalan Kereta Api Inbound dalam Menit	36
Tabel 4.9 Konversi Waktu Penjadwalan Kereta Api Outbound dalam Format Waktu	37
Tabel 4.10 Konversi Waktu Penjadwalan Kereta Api Inbound dalam Format Waktu	37
Tabel 4.11 Perubahan T_a terhadap Waktu Komputasi dan Hasil Nilai Solusi.	38

Tabel 4.12 Perubahan N terhadap Waktu Komputasi dan Hasil Nilai Solusi.	38
Tabel 4.13 Perubahan α terhadap Waktu Komputasi dan Hasil Nilai Solusi.....	39

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2013). *Principles of sequencing and scheduling*. John Wiley & Sons.
- Bena R, S. (2023). *Penyelesaian Masalah Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Metode Simulated Annealing: Studi kasus Prodi Matematika dan Prodi Pendidikan Matematika S1 FPMIPA S1* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Djamal, E. C., & Fattin, E. W. (2015). Optimalisasi Jadwal Perjalanan Kereta Api Padalarang–Bandung Menggunakan Algoritma Genetika.
- Dwiyatcita, N. A., Hanum, F., & Bakhtiar, T. (2012). Penjadwalan kereta api jalur ganda: model job-shop dan aplikasinya.
- Fachreza, S., Sari, R. T. K., & Fauziah, F. (2019). Sistem Optimasi Penjadwalan Kereta Api Jakarta-Yogyakarta dengan Metode Algoritma Genetika. *Rang Teknik Journal*, 2(2).
- Gallo, C., & Capozzi, V. (2019). A Simulated Annealing Algorithm for Scheduling Problems. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 7(11), 2579-2594.
- Garrisi, Gianmarco & Cervelló-Pastor, Cristina. (2019). Train-Scheduling Optimization Model for Railway Networks with Multiplatform Stations. *Sustainability*. 12. 257. 10.3390/su12010257.
- Hidayatsyah, M., Hanum, F., & Supriyo, P. (2011). Penjadwalan Kereta pada Jalur Ganda secara Periodik dengan Biaya Minimum. *MILANG: Journal of Mathematics and Its Applications*, 10(2), 19-30.
- Imahashi, N., & Nagata, T. (2007). An Optimal Train Scheduling by Using Simulated Annealing. *Bulletin-hiroshima institute of technology research volume*, 41, 193.
- Lubis, M. S., & Ginting, R. (2019). Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Simulated Annealing di PT. XYZ.

In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 2, No. 3).

- Patty, B. W. (Ed.). (2015). *Handbook of operations research applications at railroads* (Vol. 222). Springer.
- S. Kirkpatrick and C. D. Gelatt and M. P. Vecchi, Optimization by Simulated Annealing, *Science*, Vol 220, Number 4598, pages 671-680, 1983. <http://citeseer.ist.psu.edu/kirkpatrick83optimization.html>
- Saprianti, D. A., Novianingsih, K., & Husain, H. S. (2013). Model Optimasi Penjadwalan Kereta Api (Studi Kasus pada Jadwal Kereta Api di PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daop 2 Bandung Lintasan Bandung-Cicalengka). *Jurnal EurekaMatika*, 1(1).
- Setianto, D. (2011). Penjadwalan Kereta Api Menggunakan Pemrograman Linear Integer
- Tan, H. W., & Salim, S. (2004). A Branch and Bound and Simulated Annealing Approach for Job Shop Scheduling. *MATEMATIKA: Malaysian Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 1-17.
- Wahyuni, A. D. (2022). *Implementasi Algoritma Simulated Annealing Pada Masalah Penjadwalan Perkuliahan (Studi Kasus Departemen Pendidikan Matematika Fpmipa Upi)* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Zhang, H., & Ni, S. (2022). Train scheduling optimization for an urban rail transit line: a simulated-annealing algorithm using a large neighborhood search metaheuristic. *Journal of Advanced Transportation*, 2022.
- Zimmermann, U. T., & Lindner, T. (2003). Train schedule optimization in public rail transport. In *Mathematics—key technology for the future: Joint projects between universities and industry* (pp. 703-716). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.