

SKRIPSI

**ALGORITMA ANT COLONY UNTUK PERMASALAHAN
MULTI OBJECTIVE FLOWSHOP SCHEDULING**



Kevin Jonathan

NPM: 2014730020

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2019**

UNDERGRADUATE THESIS

**ANT COLONY ALGORITHM FOR MULTI OBJECTIVE
FLOWSHOP SCHEDULING PROBLEMS**



Kevin Jonathan

NPM: 2014730020

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

ALGORITMA ANT COLONY UNTUK PERMASALAHAN MULTI OBJECTIVE FLOWSHOP SCHEDULING

Kevin Jonathan

NPM: 2014730020

Bandung, 10 Desember 2019

Menyetujui,

Pembimbing

Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Dr. Veronica Sri Moertini

Natalia, M.Si.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ALGORITMA ANT COLONY UNTUK PERMASALAHAN MULTI OBJECTIVE FLOWSHOP SCHEDULING

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 10 Desember 2019

Meterai Rp. 6000

Kevin Jonathan
NPM: 2014730020

ABSTRAK

Skripsi ini dikerjakan dengan tujuan mempelajari, menganalisa, dan mengukur kinerja algoritma ant colony dalam proses penjadwalan flow shop dengan objektif optimasi majemuk (multi objective flow shop). Proses penjadwalan flow shop adalah penentuan urutan pengerjaan sekumpulan pekerjaan yang akan dikerjakan pada serangkaian perangkat mesin, di mana setiap pekerjaan yang diproses memiliki lintasan produksi yang searah. Urutan pengerjaan yang berbeda mampu menghasilkan waktu pengerjaan yang berbeda. Terdapat banyak algoritma yang dapat dipakai untuk menentukan urutan antrian pengerjaan pekerjaan tersebut. Salah satu algoritma yang dapat dipakai pada proses penjadwalan flow shop adalah algoritma *ant colony*. Algoritma *ant colony* adalah algoritma optimisasi yang mengikuti cara kerja dari koloni semut. Algoritma ini menggunakan nilai feromon untuk penentuan solusi yang optimal. Semakin besar nilai feromon suatu solusi, semakin besar pula kemungkinan dipilihnya solusi tersebut. Pada skripsi ini dibahas lebih lanjut mengenai bagaimana cara pengaplikasian algoritma *ant colony* pada proses penjadwalan flow shop objektif optimasi majemuk dan apa saja kelebihan serta kekurangan dari penggunaan algoritma *ant colony* pada proses penjadwalan flow shop objektif optimasi majemuk. Selain itu, dibangun pula sebuah perangkat lunak yang dapat menerima kasus flow shop dan menghasilkan objective yang sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan hasil eksperimen terhadap perangkat lunak yang dibangun, perangkat lunak yang dibangun sudah dapat menerima file teks dari *tailard benchmark* dan melakukan proses optimasi dengan bantuan algoritma *ant colony*. Selain itu hasil optimasi yang diperoleh dari pengujian perangkat lunak sudah dapat mendekati nilai *lower bound* dari *tailard benchmark*, dimana nilai *lower bound* merupakan nilai makespan paling optimal dari suatu kasus flow shop.

Kata-kata kunci: Flow Shop, Multi Objective, Penjadwalan, Ant Colony Algorithm

ABSTRACT

The objective of the research is to study, analyze, and measure the performance of ant colony algorithm in flow shop scheduling with multiple optimization objectives (multi objective flow shop). Flow shop scheduling is a process to determine the order of processing collection of work that will be done in a series of machine tools, where every job processed has a direct production path. Different order of job queue is capable to producing different total processing time. There are many algorithms that can be used to determine the order of the job queue. One algorithm that can be used in flow shop scheduling is ant colony algorithm. Ant colony algorithm is an optimization algorithm that follow the work procedures of an ant colony. This algorithm uses pheromone value to determine the optimal solution. The greater the value of the pheromone to one solution, the greater the possibility for solution to be chosen. In this paper will be discussed further on how ant colony algorithm application in flow shop scheduling process with multiple optimization objectives and what are the advantages and disadvantages of the use of ant colony algorithm in the scheduling process flow shop with multiple optimization objectives. And a software will be built which can accept flow shop cases and produce objectives that suit your needs. Based on the results of experiments on the software that was built, the software that was built was able to receive text files from *tailard benchmark* and carry out the optimization process with the help of the *ant colony* algorithm. In addition, the optimization results obtained from software testing can approach the *lower bound* value of *tailard benchmark*, where the *lower bound* value is the most optimal makespan value of a flow shop case.

Keywords: Flow Shop, Multi Objective, Scheduling, Ant Colony Algorithm

*Skripsi ini dipersembahkan untuk Mamah, Papah, Ibu Heni, dan
Sonny LoSpecchio*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatnya penulis diberi kesabaran dan kekuatan untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari jika penyusunan skripsi ini tidak lepas oleh bantuan dari berbagai pihak, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Almarhum Papah yang selalu mendoakan penulis dari kejauhan sana. Terima Kasih Pah.
2. Mamah yang selalu mendukung dan mendoakan penulis sepanjang penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni yang selalu sabar dalam membimbing penulis dan memberikan masukan terhadap penulisan skripsi ini.
4. Kepada Dosen penguji yang telah memberikan masukan yang berharga untuk penulisan skripsi.
5. Staf FTIS UNPAR yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Kepada Agus Saputra, Fedrian Hermana, Daniel Ferdinan, Kresna, Ivan, dan Stanley yang selalu membantu penulis dalam bantuan teknis dan moral. Terima kasih sebesar - besarnya.
7. Kepada teman - teman angkatan 2014 lainnya yang selalu memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.
8. Terima kasih kepada Sonny LoSpecchio yang telah memberikan wejangan kepada penulis. " If I had my choice, I would rather be feared. Fear lasts longer than love."
9. Wong kar wai, David Lynch, Martin Scorsese, Stanley Kubrick, serta para director legendaris lainnya yang selalu menemani penulis selama masa penulisan skripsi dengan karya - karyanya.

Penulis berharap bahwa penulisan skripsi ini dapat membantu bagi para pembaca yang sedang meneliti atau mempelajari topik penjadwalan flow shop. Akhir kata penulis meminta maaf jika terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Terima kasih.

Bandung, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Penjadwalan Secara Umum	5
2.1.1 Istilah-Istilah dalam Penjadwalan	5
2.1.2 Klasifikasi Masalah Penjadwalan	6
2.2 Penjadwalan Flow Shop	6
2.2.1 Definisi Secara Umum	7
2.2.2 Karakteristik Penjadwalan Flow Shop	8
2.3 Multi Objective Flow Shop Scheduling	8
2.4 Ant Colony Optimization	8
2.5 Penerapan Algoritma Ant Colony pada Proses Penjadwalan Flow Shop	12
2.6 Perhitungan Nilai Makespan dan Wait Time	13
2.7 Tailard Benchmark	14
3 ANALISA MASALAH	17
3.1 Analisa Kasus	17
3.2 Analisa Algoritma Ant Colony Pada Penjadwalan Flow Shop	18
3.2.1 Urutan Pengerjaan Proses Sebagai Jalur Semut	18
3.2.2 Memilih Urutan Pengerjaan / Jalur	18
3.2.3 Proses Pemilihan Urutan Pengerjaan / Jalur Semut	19
3.2.4 Proses Penambahan Feromon	19
3.3 Proses Optimisasi Penjadwalan Flow Shop Dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony	20
3.3.1 Jumlah Semut	20
3.3.2 Aturan Berhenti	21
3.4 Analisa Perangkat Lunak	21
3.4.1 Use Case Diagram	22
3.4.2 Input dan Output	23

3.4.3	Flow Chart Proses Optimasi	24
3.4.4	Diagram Kelas Secara Umum	25
4	PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK	31
4.1	Perancangan Antarmuka Grafis	31
4.2	Diagram Kelas Lengkap	32
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	49
5.1	Implementasi Perangkat Lunak	49
5.2	Implementasi Antar Muka Perangkat Lunak	49
5.3	Pengujian Fungsional	52
5.4	Eksperimen	54
5.4.1	Spesifikasi Perangkat Keras	54
5.4.2	Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak	54
5.4.3	Tujuan dan Cara Eksperimen	54
5.4.4	Hasil Eksperimen	55
5.4.5	Analisa dan Kesimpulan Hasil Eksperimen	55
6	KESIMPULAN DAN SARAN	57
6.1	Kesimpulan	57
6.2	Saran	58
	DAFTAR REFERENSI	59
	A KODE PROGRAM	61
	B DATA PENGUJIAN KASUS FLOW SHOP DENGAN 20 PEKERJAAN	77
	C DATA PENGUJIAN KASUS FLOW SHOP DENGAN 50 PEKERJAAN	97

DAFTAR GAMBAR

2.1	Job Shop	6
2.2	Flow Shop	7
2.3	Ilustrasi Flow Shop	7
2.4	Ilustrasi cara kerja semut	9
2.5	Flowchart ACO	10
2.6	Perhitungan Manual Makespan	14
2.7	Perhitungan Manual Wait time	14
2.8	Tailard Benchmark	15
2.9	Contoh kasus Tailard Benchmark	16
3.1	Use Case Diagram	22
3.2	Input Program	23
3.3	Rancangan Output Program	24
3.4	Flowchart	25
3.5	Diagram kelas umum	26
4.1	Rancangan <i>interfcae</i> perangkat lunak	31
4.2	Diagram kelas dari perangkat lunak	33
5.1	Tampilan awal dari <i>interface</i> perangkat lunak	50
5.2	Tampilan <i>interface</i> pemilihan kasus flow shop	50
5.3	Tampilan <i>interface</i> setelah pemilihan kasus flow shop	51
5.4	Tampilan interface setelah beberapa proses optimisasi	52
5.5	Hasil Kasus Sederhanai	53
5.6	Hasil Hitung Manual	53
5.7	Contoh kotak dialog pada NetBeans	54
5.8	Hasil Eksperimen	55

DAFTAR TABEL

2.1	Contoh Nilai Feromon	12
2.2	Contoh Kasus Sederhana	13
5.1	Kasus Sederhana	53
5.2	Nilai Feromon	53
5.3	Sampel hasil solusi	56
B.1	Tabel 20 Job 5 Mesin dengan n semut	77
B.2	Tabel 20 Job 5 Mesin dengan $n*2$ semut	80
B.3	Tabel 20 Job 10 Mesin dengan n semut	83
B.4	Tabel 20 Job 10 Mesin dengan $n*2$ semut	86
B.5	Tabel 20 Job 20 Mesin dengan n semut	89
B.6	Tabel 20 Job 20 Mesin dengan $n*2$ semut	92
C.1	Tabel 50 Job 5 Mesin dengan n semut	97
C.2	Tabel 50 Job 5 Mesin dengan $n*2$ semut	103
C.3	Tabel 50 Job 10 Mesin dengan n semut	109
C.4	Tabel 50 Job 10 Mesin dengan $n*2$ semut	115
C.5	Tabel 50 Job 20 Mesin dengan n semut	122
C.6	Tabel 50 Job 20 Mesin dengan $n*2$ semut	128

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan produksi merupakan aktivitas yang tidak terpisahkan dalam suatu perusahaan *manufacturing*. Penjadwalan (*scheduling*) sendiri didefinisikan sebagai suatu proses pengalokasian sumber daya atau mesin-mesin yang ada untuk melaksanakan tugas-tugas yang ada dalam suatu waktu tertentu (Baker, 1974). Sedangkan yang dimaksud dengan proses produksi adalah serangkaian langkah-langkah yang digunakan untuk mentransformasikan *Input* menjadi *Output*. Sistem penjadwalan yang kurang baik dapat memperpanjang waktu penyelesaian produksi yang pada akhirnya dapat menurunkan kuantitas produksi yang dihasilkan. Dengan sistem penjadwalan yang baik maka perusahaan dapat mengambil keputusan yang tepat dalam penjadwalan produksi sehingga didapatkan waktu penyelesaian produksi yang minimum dan permintaan dapat terpenuhi tepat waktu.

Proses penjadwalan *Flow Shop* adalah salah satu metode penjadwalan produksi di mana urutan mesin yang digunakan untuk setiap proses dalam seluruh pekerjaan harus sama. Dalam penelitian - penelitian penjadwalan sebelumnya hanya difokuskan pada satu kriteria saja (*single*) namun pada penelitian kali ini akan menggunakan lebih dari satu kriteria (*multiple*). Kriteria tersebut dapat berupa *makespan*, *idle time*, *wait time*, dan lain - lain. Banyak algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan urutan pengerjaan pekerjaan dalam proses penjadwalan produksi *Flow Shop*. Salah satu algoritma yang dapat digunakan dalam proses penjadwalan produksi *Multi Objective Flow Shop* adalah algoritma *Ant Colony Optimization*. Algoritma *Ant Colony Optimization* adalah algoritma yang mengadopsi perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Algoritma ini menyelesaikan permasalahan berdasarkan tingkah laku semut dalam sebuah koloni yang sedang mencari sumber makanan. Contoh kasus riil di kehidupan nyata yang menggunakan penjadwalan *Flow Shop* adalah produksi pakaian jadi, produksi meubel, produksi elektronik komersil (televisi, radio, kulkas, dll), dan lain - lain. Dimana ketiga contoh kasus tersebut memiliki kesamaan yaitu produk yang dihasilkan memiliki standarisasi produk (tidak terlalu berbeda antara satu produk dengan produk lainnya) selain itu siklus produksinya juga cenderung pendek.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari, mengaplikasikan, serta mengukur kinerja Algoritma *Ant Colony Optimization* pada proses penjadwalan *Multi Objective Flow Shop Scheduling*. Pada skripsi ini juga akan dibuat perangkat lunak yang dapat menerima n job yang masing-masing terdiri atas m buah operasi dan m buah mesin. Setiap operasi hanya ditangani oleh sebuah mesin dan setiap mesin hanya bisa menangani satu operasi. Urutan operasi dari setiap job adalah sama.

1.2 Rumusan Masalah

Pada Skripsi ini terdapat beberapa masalah yang akan menjadi fokus utama, yaitu:

1. Bagaimana cara kerja penjadwalan *Multi Objective Flowshop Scheduling* ?
2. Bagaimana cara kerja algoritma *Ant Colony Optimization* dalam menyelesaikan permasalahan *Multi Objective Flowshop Scheduling* ?

3. Bagaimana cara mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization* dalam bentuk perangkat lunak sehingga dapat membantu pengguna untuk menyelesaikan masalah penjadwalan *Multi Objective Flowshop Scheduling* ?
4. Bagaimana kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* dalam menyelesaikan permasalahan *Multi Objective Flowshop Scheduling* ?

1.3 Tujuan

Skripsi ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui penjadwalan *Multi Objective Flowshop Scheduling*.
2. Mengetahui algoritma *Ant Colony Optimization*.
3. Mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization* dalam bentuk perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan *Multi Objective Flowshop Scheduling*.
4. Mengukur kinerja algoritma *Ant Colony Optimization* dalam menyelesaikan permasalahan *Multi Objective Flowshop Scheduling* dengan bantuan *benchmark* tertentu.

1.4 Batasan Masalah

Batasan dan asumsi untuk penelitian ini adalah :

1. Waktu proses dari setiap pekerjaan telah diketahui dan bernilai tetap
2. Eksperimen dilakukan dengan sampel data kasus milik *Tailard Benchmark* flow shop dengan jumlah mesin sebanyak 20 dan 50.

1.5 Metodologi

Metodologi penyelesaian masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur
Mencari referensi dari sumber-sumber tertentu untuk memperdalam pemahaman mengenai cara kerja proses penjadwalan flow shop dan cara kerja algoritma ant colony agar kemudian dapat mengaplikasikan algoritma tersebut pada proses penjadwalan flow shop.
2. Analisa Kasus
Menentukan cara pengaplikasian algoritma ant colony untuk optimisasi penjadwalan flow shop. Menentukan data masukan dan data keluaran yang dibutuhkan oleh perangkat lunak. Menentukan fungsi-fungsi apa saja yang dibutuhkan perangkat lunak.
3. Pengembangan perangkat lunak
Membentuk struktur kelas dari perangkat lunak berdasarkan algoritma ant colony. Mendesain interface yang sesuai untuk perangkat lunak. Membangun perangkat lunak untuk optimisasi penjadwalan flow shop dengan algoritma ant colony. Melakukan pengujian fungsional pada perangkat lunak.
4. Eksperimen
Melakukan pelatihan dengan menggunakan perangkat lunak pada beberapa sampel kasus flow shop. Mencatat dan mengolah data hasil proses pelatihan untuk mengukur performa perangkat lunak. Mengukur tingkat keoptimalan dari proses pelatihan yang dilakukan oleh perangkat lunak.

5. Pengambilan kesimpulan

Mengambil kesimpulan-kesimpulan yang bisa didapatkan dari hasil eksperimen. Melakukan dokumentasi dari skripsi ini.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan karya tulis ini adalah sebagai berikut :

1. Bab 1 : berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2 : berisi teori mengenai penjadwalan secara umum, teori mengenai penjadwalan flow shop, *multi objective flow shop scheduling*, *ant colony optimization*, penerapan Algoritma Ant Colony pada Proses Penjadwalan Flow Shop, cara menghitung manual nilai makespan dan wait time, dan *tailard benchmark*.
3. Bab 3 : berisi analisa kasus, analisan algoritma *ant colony optimization* pada penjadwalan flow shop, proses optimasi penjadwalan flow shop, dan analisa perangkat lunak.
4. Bab 4 : berisi perancangan antar muka grafis dan diagram kelas lengkap.
5. Bab 5 : berisi implementasi perangkat lunak, implementasi antar muka perangkat lunak, pengujian fungsional, dan penjelasan eksperimen.
6. Bab 6 : berisi kesimpulan dan saran.