

**SKRIPSI**

***HYBRID ALGORITMA KELELAWAR DAN SIMULATED  
ANNEALING UNTUK MENYELESAIKAN PERMUTATION  
FLOWSHOP SCHEDULING PROBLEM (PFSP)***



**OKTA DIANA NESIA SETYA CHAYANINGTYAS**

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2016**

**SKRIPSI**

***HYBRID ALGORITMA KELELAWAR DAN SIMULATED ANNEALING UNTUK MENYELESAIKAN PERMUTATION FLOWSHOP SCHEDULING PROBLEM (PFSP)***



**OKTA DIANA NESIA SETYA CHAYANINGTYAS**

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
2016**

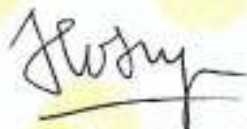
***HYBRID ALGORITMA KELELAWAR DAN SIMULATED ANNEALING UNTUK MENYELESAIKAN PERMUTATION FLOWSHOP SCHEDULING PROBLEM (PFSP)***

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Matematika Pada Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Airlangga**

**Disetujui oleh:**

**Pembimbing I**



**Dr. Herry Suprajitno, M.Si**  
**NIP. 19680404 199403 1 020**

**Pembimbing II**



**Auli Damayanti, S.Si., M.Si**  
**NIP. 19751107 200312 2 004**

## LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : *Hybrid* Algoritma Kelelawar dan *Simulated Annealing*  
untuk Menyelesaikan *Permutation Flowshop Scheduling*  
*Problem* (PFSP)

Penyusun : Okta Diana Nesia Setya Chayingtyas

NIM : 081211233017

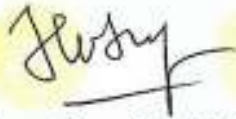
Pembimbing I : Dr. Herry Suprajitno, M.Si

Pembimbing II : Auli Damayanti, S.Si, M.Si

Tanggal ujian : 9 Mei 2016

Disetujui oleh :

Pembimbing I,



Dr. Herry Suprajitno, M.Si  
NIP. 196804041994031020

Pembimbing II,



Auli Damayanti, S.Si, M.Si  
NIP. 197511072003122004

Mengetahui ,

Ketua Departemen Matematika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga



Badrus Zaman, S.Kom, M.Cs  
NIP.197801262006041001

Koordinator Program Studi S-1 Matematika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga



Dr. Mohammad Imam Utovo, M.Si  
NIP. 196401031988101001

## PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan seizin penulis dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. **Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.**



## SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Okta Diana Nesia Setya Chayaningtyas  
NIM : 081211233017  
Program Studi : S1-Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

**“Hybrid Algoritma Kelelawar dan *Simulated Annealing* untuk Menyelesaikan Permutation Flowshop Scheduling Problem (PFSP)”**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 11 Mei 2016



Okta Diana Nesia Setya Chayaningtyas

NIM. 081211233017

## KATA PENGANTAR



Dengan menyebut asma Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Segala puji syukur tercurahkan kepada Allah SWT sumber inspirasi kehidupan yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Besar Muhammad SAW, pemimpin sekaligus sebaik-baiknya suri tauladan bagi kehidupan umat manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Hybrid Algoritma Kelelawar dan Simulated Annealing untuk Menyelesaikan Permutation Flowshop Scheduling Problem (PFSP)”**.

Ucapan Terima Kasih kepada:

1. Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menuntut ilmu.
2. Badrus Zaman, S.Kom, M.Cs selaku Ketua Departemen Matematika.
3. Dr. Mohammad Imam Utoyo, M.Si selaku Kepala Prodi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang selalu memberikan saran dan motivasi.
4. Dr. Windarto, M.Si selaku dosen wali selama menjadi mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah banyak memberikan arahan, waktu, nasihat, serta semangat demi kesuksesan menjadi mahasiswa.

5. Dr. Herry Suprajitno, M.Si dan Auli Damayanti, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa penuh kesabaran dalam memberikan bimbingan berupa arahan dan masukan kepada penulis.
6. Kedua orang tua, yaitu Hj.Achmad Setyo Karno dan Hj Mas Ulifah, serta kakak Syaiful Amin, Syahril, Syamsul Rizal, dan Agustina Putri Halimah, Mbah Putri, juga seluruh seluruh keluarga besar penulis yang menjadi motivasi dalam penulisan skripsi ini.
7. Prasetyo Wicaksono Achmad, Putri Wijayanti, Rizky Mayadita Ayuninggar, dan Irma Dian Maghfiroh yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam kehidupan penulis.
8. Teman-teman seperjuangan yaitu: Gilang Fathira Mutma'inah, Fanti Rachmawati, Syahrul Fadilah, dan Luthfi Hidayati yang selalu menyumbangkan ide-ide dalam pembuatan skripsi dan dengan sabar mendengar keluh kesah penulis.
9. Teman-teman Prodi Matematika angkatan 2012 Universitas Airlangga, yang selalu memberi motivasi, inspirasi, dan semangat.
10. Teman-Teman KKN-BBM angkatan 53 desa Donan, Purwosari, Bojonegoro yang mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan, yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat sebagai bahan pustaka dan penambah informasi khususnya bagi mahasiswa Universitas Airlangga. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini, masih banyak



kekurangan sehingga saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan agar Skripsi ini lebih baik lagi.

Surabaya, 11 Mei 2016

Okta Diana Nesia Setya C.



Okta Diana Nesia Setya Chayingtyas, 2016, **Hybrid Algoritma Kelelawar dan Simulated Annealing untuk Menyelesaikan Permutation Flowshop Secheduling Problem (PFSP)**. Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Herry Suprajitno, M.Si dan Auli Damayanti, S.Si, M.Si. Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

---

### ABSTRAK

Penjadwalan *permutation flowshop* didefinisikan sebagai permasalahan untuk mendapatkan solusi optimal yang melibatkan  $n$  job dan  $m$  mesin dalam proses produksinya. Dalam penjadwalan *permutation flowshop* setiap job diproses dalam setiap mesin dengan urutan yang sama. Tujuan dari *permutation flowshop scheduling* adalah mendapatkan urutan job yang terbaik atau optimal, sehingga diperoleh total waktu pengerjaan yang minimal. Algoritma kelelawar merupakan algoritma *metaheuristik* yang terinspirasi dari perilaku kelelawar dalam memancarkan gelombang suara yang disebut dengan *echolocation*. Algoritma *Simulated Annealing* merupakan metode yang dianalogikan dengan proses *annealing*. Pada skripsi ini bertujuan untuk menyelesaikan *permutation flowshop scheduling* menggunakan *hybrid* algoritma kelelawar dan *simulated annealing*. Secara umum proses algoritma kelelawar adalah membangkitkan posisi dan kecepatan awal, serta melakukan penurunan *loudness* dan peningkatan *pulse rate*. *Hybrid* algoritma kelelawar dan SA merupakan suatu proses dengan diawali dengan algoritma kelelawar, kemudian hasil terburuk dari algoritma kelelawar diproses menggunakan SA. Algoritma SA ini berhenti ketika suhu yang dikehendaki sudah tercapai. Program penyelesaian PFSP menggunakan *Hybrid* Algoritma Kelelawar dan SA dibuat dalam bahasa pemrograman C++ serta diimplementasikan pada tiga data yaitu data kecil dengan 4 job dan 5 mesin, data sedang dengan 20 job dan 5 mesin, serta data besar dengan 20 job dan 10 mesin. Diperoleh nilai *makespan* terbaik masing-masing yaitu 44, 1175 dan 1552 satuan waktu. Berdasarkan hasil implementasi diperoleh bahwa semakin kecil nilai *pulse rate* awal serta semakin besar maksimum iterasi dan *popsiz*e maka solusi dari penyelesaian PFSP cenderung semakin baik yaitu dengan nilai *makespan* minimum.

**Kata Kunci** : Algoritma Kelelawar, *Simulated Annealing*, *Permutation Flowshop Scheduling Problem*.

Okta Diana Nesia Setya Chayaningtyas, 2016, **Hybrid Bat Algorithm and Simulated Annealing for Permutation Flowshop Scheduling Problem (PFSP)**. This thesis is supervised by Dr. Herry Suprajitno, M.Si and Auli Damayanti, S.Si, M.Si. Departement of Mathematics. Faculty of Science and Technology. Airlangga University.

---

### ABSTRACT

Permutation flowshop scheduling is an issue obtains an optimal solution involving  $n$  job and  $m$  of machine in a production process. Permutation flowshop scheduling processes job in each machine in the same order. Purpose of Permutation flowshop scheduling is gaining the best or most optimal job order, and minimal total processing time. Bat algorithm is metaheuristic algorithm inspired by bat behaviour radiating sound waves called echolocation. Simulated Annealing algorithm is a method using annealing process as an analogy. This thesis aims to resolve permutation flowshop scheduling using hybrid bat algorithm and simulated annealing. Hybrid of Bat algorithm and SA is an algorithm that combines bat algorithm and SA. Generally, bat algorithm process raises position and the initial velocity, decreasing loudness and raising pulse rate. The SA algorithm stops when the optional temperature has been reached. PFSP accomplishment program using Hybrid of Bat and SA algorithms is created in C++ programming language and implemented to be three data that are small data with four jobs and 5 machines, medium data with 20 jobs and 5 machines, and large data with 20 jobs and 10 machines. Best makespan values obtained are respectively 44, 1175 and 1552 units of time. Implementation results showed that smaller value of the first pulse rate makes greater the iteration maximum and popsize. The solution of the PFSP accomplishment tends to get better with minimum makespan value.

**Keywords:** Bat Algorithm (BA), Simulated Annealing, Permutation flowshop Scheduling Problem.

**DAFTAR ISI**

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penjadwalan.....	6
2.2 <i>Flowshop</i> .....	6

2.3 <i>Permutation Flowshop Scheduling Problem</i> .....	7
2.3.1 <i>Gantt Chart</i> .....	9
2.4 <i>Bat Algorithm (BA)</i> .....	10
2.4.1 <i>Algoritma</i> .....	10
2.4.2 <i>Perilaku Kelelawar</i> .....	11
2.4.3 <i>Echolocation of Microbats</i> .....	12
2.4.4 <i>Pendekatan pada Bat Algorithm</i> .....	13
2.4.5 <i>Pergerakan Kelelawar (Movement of Bats)</i> .....	13
2.4.6 <i>Local Search</i> .....	14
2.4.7 <i>Perubahan Kebisingan (Loudness) dan Pulse Rate</i> .....	15
2.4.8 <i>Langkah-langkah Bat Algorithm (BA)</i> .....	16
2.5 <i>Simulated Annealing</i> .....	18
2.6 <i>Pengkodean</i> .....	20
2.7 <i>Hybrid</i> .....	21
2.8 <i>Pemrograman C++</i> .....	21
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b> .....	22
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1 <i>Permutation Flowshop Scheduling Problem</i> .....	28
4.2 <i>Hybrid Algoritma Kelelawar dan Simulated Annealing untuk</i> <i>Menyelesaikan Permutation Flowshop Scheduling Problem</i> .....	28
4.2.1 <i>Input Data</i> .....	30
4.2.2 <i>Inisialisasi Parameter</i> .....	31
4.2.3 <i>Membangkitkan Populasi Awal Bat</i> .....	32

4.2.4	Evaluasi Bat .....	34
4.2.5	Memperbaruhi Posisi ( <i>Movement of bats</i> ) .....	36
4.2.6	<i>Local Search</i> .....	37
4.2.7	Perubahan <i>Loudness</i> dan <i>Pulse Rate</i> .....	39
4.2.8	Menyimpan Solusi Terburuk.....	40
4.2.9	Modifikasi .....	40
4.2.10	Penurunan Suhu.....	42
4.3	Data.....	43
4.4	Penyelesaian Secara Manual Contoh Kasus <i>Permutation Flowshop Scheduling Problem</i> Menggunakan Data 4 <i>job</i> dan 5 mesin.....	44
4.4.1	Proses Input Data dan Inisialisasi Parameter.....	44
4.4.2	Proses Membangkitkan Populasi Awal <i>Bat</i> .....	45
4.4.3	Proses Evaluasi <i>Bat</i> .....	46
4.4.4	Proses Memperbaruhi Posisi <i>Bat</i> .....	50
4.4.5	Proses <i>Local Search</i> .....	54
4.4.6	Proses Melakukan perubahan <i>loudness</i> dan <i>pulse rate</i> .....	55
4.4.7	Proses Menentukan solusi terburuk pada iterasi ke-t pada BA .....	57
4.4.8	Proses: Mencari Solusi Baru dan Menghitung Fungsi Tujuannya .....	57
4.4.9	Proses Penentuan keputusan .....	58
4.4.10	Proses Penurunan Suhu .....	59
4.5	Program.....	59
4.6	Implementasi Program pada contoh kasus <i>Permutation Flowshop Scheduling Problem</i> (PFSP) .....	59

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....66

5.2 Saran.....67

DAFTAR PUSTAKA .....68

LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
4.1	Data <i>Flowshop</i> dengan 4 <i>job</i> dan 5 mesin	45
4.2	Posisi Awal <i>Bat</i>	45
4.3	Kecepatan Awal <i>Bat</i>	46
4.4	Hasil Pengurutan $bat_i$ pada posisi awal <i>bat</i>	46
4.5	Hasil Pengurutan data $bat_1$ pada posisi awal <i>bat</i>	47
4.6	<i>processing time</i> untuk $f(x_1^0)$	47
4.7	Perhitungan <i>completion time</i> seluruh $bat_1$	49
4.8	Hasil dari perhitungan $f(x_i^0)$ setiap <i>bat</i>	50
4.9	Kecepatan baru pada setiap <i>bat</i>	52
4.10	Posisi baru pada setiap <i>bat</i>	53
4.11	Hasil transformasi data $bat_i$ pada posisi baru	53
4.12	Hasil dari perhitungan $f(x_i^1)$ setiap <i>bat</i>	53
4.13	$x_{new}$ pada $bat_2$	55
4.14	<i>Loudness</i> dan <i>pulse rate</i> setiap <i>bat</i>	56
4.15	Hasil dari perbandingan $f(x_i^0)$ dan $f(x_i^1)$ setiap <i>bat</i>	57
4.16	Nilai <i>Makespan</i> Data 4 <i>Job</i> 5 Mesin dengan <i>Max Iterasi</i> , <i>Pop Size</i> dan <i>Pulse Rate</i> Berbeda	60
4.17	Nilai <i>Makespan</i> Data 20 <i>Job</i> 5 Mesin dengan <i>Max Iterasi</i> , <i>Pop Size</i> dan <i>Pulse Rate</i> Berbeda	62
4.18	Nilai <i>Makespan</i> Data 20 <i>Job</i> 10 Mesin dengan <i>Max Iterasi</i> , <i>Pop Size</i> dan <i>Pulse Rate</i> Berbeda	64



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Diagram <i>Gantt Flowshop</i>	9
4.1	<i>Hybrid</i> Algoritma Kelelawar dan <i>Simulated Annealing</i> untuk Menyelesaikan PSFP	29
4.2	<i>Input Data</i>	30
4.3	Inisialisasi Parameter	31
4.4	Prosedur Membangkitkan Populasi Awal <i>Bat</i>	32
4.5	Transformasi Pengkodean Nilai Menjadi Pengkodean Permutasi	33
4.6	Transformasi Urutan Pengerjaan <i>Job</i> pada Mesin	34
4.7	Prosedur menghitung fungsi tujuan $bat_i$	35
4.8	Prosedur menentukan solusi terbaik sementara	36
4.9	Prosedur <i>Movement</i>	37
4.10	Prosedur <i>Local Search</i>	38
4.11	Prosedur Perubahan <i>Loudness</i> dan <i>Pulse Rate</i>	39
4.12	Prosedur Menyimpan Solusi Terburuk	40
4.13	Prosedur Modifikasi Solusi	41
4.14	Prosedur perbandingan solusi awal dengan hasil modifikasi	42
4.15	Prosedur penurunan suhu	43
4.16	Proses <i>Resiprocal Exchange</i>	58
4.17	Gambar diagram <i>gantt</i> dengan urutan <i>job</i> 2-1-3-4	61

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Judul Lampiran</b>
1	Flowchart Algoritma Kelelawar
2	Flowchart <i>Simulated Annealing</i>
3	Data Waktu Pengerjaan 4 <i>job</i> 5 mesin
4	Data Waktu Pengerjaan 20 <i>job</i> 5 mesin
5	Data Waktu Pengerjaan 20 <i>job</i> 10 mesin
6	Program <i>Hybrid</i> Algoritma Kelelawar dan <i>Simulated Annealing</i> untuk <i>Permutation Flowshop Scheduling Problem</i>
7	Hasil <i>Running</i> Data 4 <i>Job</i> dan 5 Mesin
8	Hasil <i>Running</i> Data 20 <i>Job</i> dan 5 Mesin
9	Hasil <i>Running</i> Data 20 <i>Job</i> dan 10 Mesin