

SKRIPSI

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN JOB SHOP
DENGAN ALGORITMA GENETIK-ALGORITMA FIREFLY**



Dian Swastiani

NPM: 2016730025

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2021**

UNDERGRADUATE THESIS

**JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM WITH GENETIC
ALGORITHM-FIREFLY ALGORITHM**



Dian Swastiani

NPM: 2016730025

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN JOB SHOP DENGAN ALGORITMA GENETIK-ALGORITMA FIREFLY

Dian Swastiani

NPM: 2016730025

Bandung, 1 Februari 2021

Menyetujui,

Pembimbing

Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

Luciana Abednego, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

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

PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN JOB SHOP DENGAN ALGORITMA GENETIK-ALGORITMA FIREFLY

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 1 Februari 2021



Dian Swastiani
NPM: 2016730025

ABSTRAK

Proses produksi merupakan kegiatan atau rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk memberikan atau menambah nilai suatu barang. Proses produksi memiliki beberapa faktor yaitu, waktu, tenaga, sumber daya manusia, bahan baku, mesin dan alur produksi. Terbatasnya sumber daya yang tersedia menyebabkan proses produksi memerlukan penjadwalan. Penjadwalan adalah aktivitas perencanaan untuk menentukan kapan dan dimana setiap operasi sebagai bagian dari pekerjaan secara keseluruhan harus dilakukan dengan sumber daya terbatas, waktu yang ditentukan, dan memperhatikan kapasitas sumber daya. Tujuan dari penjadwalan adalah agar seluruh pekerjaan dapat diselesaikan dengan memenuhi kriteria optimasi tertentu. Salah satu kriteria optimasi yang biasanya digunakan adalah *makespan* yaitu total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan.

Berdasarkan alur pemrosesan operasi, terdapat beberapa jenis penjadwalan produksi. *Job shop* adalah salah satu jenis penjadwalan pada proses produksi yang digunakan untuk menghasilkan produk-produk dengan jumlah produksi yang sedikit tetapi banyak model atau variannya. Pada permasalahan penjadwalan *job shop*, terdapat sejumlah pekerjaan, yang disebut dengan *job*, dan sejumlah mesin. Setiap pekerjaan terdiri atas sejumlah operasi dimana setiap operasi mempunyai jenis yang berbeda. Urutan pengerjaan operasi dari satu *job* mungkin berbeda dengan yang lain.

Pada skripsi ini, *Job Shop Scheduling Problem* diselesaikan dengan menggabungkan dua algoritma metaheuristik yaitu algoritma Genetik dan algoritma *Firefly*. Algoritma Genetik memiliki kelebihan dalam pencarian solusi secara global atau bisa disebut optimal global. Algoritma Genetik dapat terjebak dalam penelusuran yang hanya menemukan nilai optimal lokal biasanya dihadapi oleh metode yang memulai optimisasi dari sebuah titik awal dan hanya mengarahkan pada nilai maksimal pada area tertentu. Sedangkan kelebihan algoritma *Firefly* yaitu pada pencarian solusi secara lokal atau bisa disebut optimal lokal. Sehingga kedua algoritma tersebut dapat mengontrol keseimbangan optimal global dan optimal lokal. Tujuan dari penggabungan ini adalah memperoleh algoritma baru yang mempunyai performansi yang lebih baik dibandingkan masing-masing algoritma tersebut.

Pada skripsi ini akan dibangun perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan *job shop* dengan mengimplementasikan gabungan dari Algoritma Genetik dan Algoritma *Firefly*. Pembangunan perangkat lunak ini menggunakan bahasa Java. Tampilan perangkat lunak menggunakan *javafx* dan *Scene Builder*. Eksperimen dilakukan untuk memperoleh parameter terbaik dari gabungan kedua algoritma tersebut, yaitu *mutation rate* dan *crossover rate* dari Algoritma Genetik dan *baseBeta* dan *gamma* dari Algoritma *Firefly*. Hasil eksperimen yang diperoleh adalah *mutation rate* 0.05, *crossover rate* 0.6, *baseBeta* 1, dan *gamma* 0.001.

Kata-kata kunci: Penjadwalan *job shop*, *Metaheuristic*, Algoritma Genetik, Algoritma *Firefly*, *makespan*, optimasi, *Fisher and Thompson Benchmark*

ABSTRACT

The production process is an activity or series of activities that are interrelated to provide or add value to an item. The production process has several factors, namely, time, energy, human resources, raw materials, machines and production lines. Limited resources available causes the production process to require scheduling. Scheduling is an activity planning to determine when and where each operation is part of the job as a whole should be done with limited resources, time allotted, and pay attention to resource capacity. The purpose of scheduling is so that all work can be completed by meeting certain optimization criteria. One of the optimization criteria that is usually used is makespan, which is the total time needed to complete the entire work.

Based on the operations processing flow, there are several types of production scheduling. Job shop is a type of scheduling in the production process that is used to produce products with a small amount of production but many models or variants. On job shop scheduling problems, there are a number of jobs, which are called jobs, and a number of machines. Each job consists of a number of operations where each operation has a different type. The order of performing operations from one job may be different from another job.

In this thesis, the Job Shop Scheduling Problem is resolved by combining two metaheuristic algorithms, namely the Genetic algorithm and the Firefly algorithm . Genetic Algorithms have advantages in finding solutions globally or it can be called global optimal. Genetic Algorithms can get stuck in a search that only finds values local optimal is usually encountered by methods that initiate the optimization from a starting point and only points to the maximum value in a certain area. While the advantages of the Firefly algorithm namely in finding a solution locally or it can be called a local optimal. So that the two algorithms can control the global optimal balance and local optimal. The purpose of this merger is to obtain a new algorithm that has a better performance than each of these algorithms. In this thesis, software will be built to solve job shop problems by implementing a combination of the Genetic Algorithm and the Firefly Algorithm. This software development uses the Java language. User interface is using javafx and Scene Builder. Experiments were carried out to obtain the best parameters from the combination of the two algorithms, the mutation rate and crossover rate from the Genetic Algorithm and baseBeta and gamma from the Firefly Algorithm. The experimental results obtained were mutation rate 0.05, crossover rate 0.6, baseBeta 1, and gamma 0.001

Keywords: *Job Shop Scheduling, metaheuristic, Genetic Algorithm, Firefly Algorithm, Fisher and Thompson Benchmark*

*Saya persembahkan skripsi ini untuk diri saya sendiri dan keluarga
saya yang selalu mendukung*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan, kesehatan, keteguhan, anugerah dan karunianya dalam proses penyusunan dan penulisan skripsi ini. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Program Studi Informatika Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari beberapa pihak yang diberikan langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- Ayah Deden Abdul Gapur yang telah mendukung dengan doa yang dipanjatkan setiap harinya serta dukungan secara mental. Keluarga yang selalu mendoakan, menyemangati, memotivasi hingga menemani dalam penyusunan skripsi ini.
- Ibu Dr.rer.nat. Cecilia Esti Nugraheni, selaku dosen pembimbing penulis, yang selalu sabar dalam membimbing penulis, memberi masukan, dan menyemangati dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Ibu Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng dan Ibu Luciana Abednego, M.T. yang telah sabar mengoreksi serta memberi masukan dalam penulisan skripsi ini.
- Teman-teman yang selalu menyemangati dan memotivasi.
- Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis meminta maaf apabila skripsi ini memiliki kesalahan dan kekurangan. Semoga skripsi ini dapat membantu bagi pihak yang membutuhkan.

Bandung, Februari 2021

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	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Proses Produksi dan Penjadwalan	5
2.1.1 Tujuan Penjadwalan	5
2.1.2 Klasifikasi Penjadwalan	6
2.1.3 Kriteria Penjadwalan	7
2.2 <i>Job Shop Scheduling Problem</i>	8
2.3 Algoritma Genetik	10
2.3.1 Variabel dan Parameter	11
2.3.2 Pemodelan	14
2.3.3 Nilai <i>Fitness</i>	14
2.3.4 Inisialisasi Populasi	14
2.3.5 Seleksi	15
2.3.6 Elitisme	16
2.3.7 Crossover	16
2.3.8 Mutasi	18
2.4 Algoritma Firefly	19
2.4.1 Perilaku Kunang-kunang	20
2.4.2 Intensitas Cahaya dan Ketertarikan	20
2.4.3 Jarak dan Pergerakan Kunang-Kunang	21
3 ANALISIS	23
3.1 Analisis Pemecahan Masalah	23
3.2 Analisis Input	29
3.3 Analisis Output	29
3.4 Analisis Perangkat Lunak	29
3.4.1 <i>Use Case</i>	29
3.4.2 Skenario	29

3.4.3	Analisis Diagram Kelas	30
4	PERANCANGAN	35
4.1	Perancangan Input	35
4.2	Perancangan Output	35
4.3	Perancangan Tampilan Antarmuka	35
4.4	Perancangan Berorientasi Objek	36
4.4.1	Diagram Kelas Rinci	36
4.4.2	<i>Pseudocode</i>	42
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	45
5.1	Implementasi	45
5.1.1	Fitur-fitur Perangkat Lunak	45
5.1.2	Implementasi Tampilan Antarmuka	45
5.2	Pengujian Fungsional	49
5.2.1	Pengujian Makespan	49
5.2.2	Pengujian Kasus Sederhana	50
5.3	Eksperimen	52
5.3.1	Eksperimen <i>Benchmark Fisher and Thompson</i>	52
5.3.2	Eksperimen <i>Benchmark Adam, Balas, Zawack</i>	55
5.3.3	Kesimpulan Eksperimen	56
6	KESIMPULAN DAN SARAN	59
6.1	Kesimpulan	59
6.2	Saran	59
	DAFTAR REFERENSI	61
	A KODE PROGRAM	63
	B HASIL EKSPERIMEN	77
B.1	Hasil Eksperimen Kasus Sederhana	77
B.2	Hasil Eksperimen Benchmark Fisher Thompson	82

DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram Alir Urutan Operasi	8
2.2	Graf Contoh Kasus <i>Job Shop</i>	9
2.3	Gantt Chart Contoh Kasus <i>Job Shop</i>	9
2.4	Ilustrasi Istilah dalam Algoritma Genetik	11
2.5	Diagram Alir Algoritma Genetik	12
2.6	Representasi Individu pada TSP	13
2.7	Ilustrasi Seleksi Roulette Wheel	16
2.8	Diagram Alir <i>Crossover</i>	17
2.9	Ilustrasi <i>Crossover</i> Satu Titik	17
2.10	Ilustrasi <i>Crossover</i> Dua Titik	18
2.11	Ilustrasi <i>Uniform Crossover</i>	18
2.12	Ilustrasi Mutasi Biner	19
2.13	Diagram Alir Algoritma <i>Firefly</i>	20
3.1	Diagram Alir GA-FA	24
3.2	Graf Kromosom Tidak Valid	25
3.3	Contoh <i>Crossover</i> Satu Titik	26
3.4	Contoh Mutasi	27
3.5	Representasi Perhitungan Jarak	27
3.6	<i>Use Case</i>	29
3.7	Diagram Kelas Sederhana	31
4.1	Rancangan Input	35
4.2	Rancangan Tampilan Antarmuka	36
4.3	Diagram Kelas Gen	37
4.4	Diagram Kelas Individu	38
4.5	Diagram Kelas Algoritma Genetik	39
4.6	Diagram Kelas <i>Job Shop</i>	40
4.7	Diagram Kelas Algoritma <i>Firefly</i>	41
4.8	Diagram Kelas <i>GeneticFirefly</i>	42
5.1	Tampilan AwalPerangkat Lunak	46
5.2	Tampilan Pemilihan File Input	46
5.3	Pengisian <i>Field-Field</i> Input	47
5.4	Tampilan Hasil Eksekusi	48
5.5	Tampilan Jendela Baru	49
5.6	Contoh Pengujian Makespan	49
5.7	Contoh Gantt Chart Uji Makespan	50
5.8	Hasil Uji Makespan	50
5.9	Input Kasus Sederhana	51
5.10	Grafik Pengaruh Jumlah Generasi terhadap GA, FA, dan GA-FA	53

DAFTAR TABEL

2.1	Contoh Kasus <i>Job Shop</i>	8
5.1	Tabel Parameter Algoritma Genetik	52
5.2	Tabel Parameter Algoritma Firefly	52
5.3	Tabel Pengaruh Jumlah Generasi terhadap GA, FA, dan GA-FA	53
5.4	Tabel Pengaruh Pasangan <i>mutation rate</i> dan <i>crossover rate</i> terhadap GA dan GA-FA	54
5.5	Tabel Pasangan β_0 - γ dengan FA dan GA-FA	54
5.6	Tabel Gabungan Parameter GA-FA	55
5.7	Tabel Eksperimen Benchmark Adam, Balas, Zawack	56
B.1	Hasil Eksperimen Benchmark Fisher Thompson	82

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi merupakan kegiatan atau rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk memberikan atau menambah nilai suatu barang. Proses produksi memiliki beberapa faktor yaitu, waktu, tenaga, sumber daya manusia, bahan baku, mesin dan alur produksi. Terbatasnya sumber daya yang tersedia menyebabkan proses produksi memerlukan penjadwalan. Penjadwalan adalah aktivitas perencanaan untuk menentukan kapan dan dimana setiap operasi sebagai bagian dari pekerjaan secara keseluruhan harus dilakukan dengan sumber daya terbatas, waktu yang ditentukan, dan memperhatikan kapasitas sumber daya. Tujuan dari penjadwalan adalah agar seluruh pekerjaan dapat diselesaikan dengan memenuhi kriteria optimasi tertentu. Salah satu kriteria optimasi yang biasanya digunakan adalah makespan yaitu total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan. Kriteria lainnya yaitu *Completion Time*, *Minimal Lateness*, *Mean Tardiness*, dan seterusnya.

Berdasarkan alur pemrosesan operasi, terdapat beberapa jenis penjadwalan produksi. Job shop adalah salah satu jenis penjadwalan pada proses produksi yang digunakan untuk menghasilkan produk-produk dengan jumlah produksi yang sedikit tetapi banyak model atau variannya. Produk-produk yang harus mengikuti desain unik dan spesifikasi khusus dari pelanggan dengan waktu dan biaya yang ditentukan biasanya menggunakan jenis aliran proses produksi ini [1]. Pada permasalahan penjadwalan job shop, terdapat sejumlah pekerjaan, yang disebut dengan job, dan sejumlah mesin. Setiap pekerjaan terdiri atas sejumlah operasi dimana setiap operasi mempunyai jenis yang berbeda. Urutan pengerjaan operasi dari satu job mungkin berbeda dengan job yang lain. Setiap mesin akan menangani operasi dengan jenis tertentu yang berbeda antara satu mesin dengan mesin yang lain. Oleh karena itu, banyaknya mesin sama dengan banyaknya jenis operasi. Setiap saat mesin hanya memproses satu operasi.

Optimisasi adalah prosedur yang digunakan untuk membuat sistem atau desain yang fungsional atau seefektif mungkin dengan menggunakan teknik aplikasi matematika [2]. Terdapat banyak pendekatan atau teknik yang digunakan untuk optimisasi. Salah satu teknik yang banyak digunakan adalah metaheuristik. Metaheuristik adalah metode yang dapat memecahkan berbagai macam masalah berbasis pendekatan. Dua contoh algoritma yang termasuk dalam metaheuristik adalah Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly.

Algoritma Genetik merupakan algoritma komputasi yang terinspirasi oleh teori evolusi Darwin yang menyatakan bahwa kelangsungan hidup suatu makhluk dipengaruhi aturan bahwa individu yang bernilai *fitness* tinggi yang akan bertahan hidup sedangkan individu yang bernilai *fitness* rendah akan mati. Dari teori tersebut kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari solusi suatu permasalahan dengan cara yang lebih “alamiah”. Salah satu aplikasi algoritma Genetik adalah pada permasalahan optimisasi, yaitu mendapatkan suatu nilai solusi optimal terhadap suatu permasalahan yang mempunyai banyak kemungkinan solusi [3]. Salah satu contoh penerapan algoritma Genetik yaitu pada *Traveling Salesman Problem* (TSP) [4].

Algoritma *Firefly* adalah salah satu algoritma optimasi yang terinspirasi dari tingkah laku kunang-kunang yang menyala berkedip. Tujuan utama dari perilaku berkedip kunang-kunang

tersebut adalah sebagai sinyal untuk menarik kunang-kunang lain menuju dirinya. Kunang-kunang yang memiliki cahaya lebih terang akan menarik kunang-kunang lain yang memiliki cahaya yang lebih redup menuju dirinya. Contoh penyelesaian permasalahan menggunakan algoritma *Firefly* dalam kehidupan nyata yaitu pada penjadwalan kuliah [5].

Klasifikasi umum yang biasa digunakan untuk mengelompokkan pendekatan optimisasi adalah eksak dan non-eksak. Pada skripsi ini, Job Shop Scheduling Problem diselesaikan dengan menggabungkan dua algoritma metaheuristik yaitu algoritma Genetik dan algoritma Firefly. Algoritma Genetik memiliki kelebihan dalam pencarian solusi secara global atau bisa disebut optimal global. Optimal global yaitu metode yang mampu mengeksplorasi seluruh area optimisasi dan menelusuri dari sejumlah titik awal sehingga diperoleh nilai optimal global, artinya nilai yang benar-benar optimal dari seluruh area yang merepresentasikan persoalan optimisasi yang dihadapi. Algoritma Genetik dapat terjebak dalam penelusuran yang hanya menemukan nilai optimal lokal biasanya dihadapi oleh metode yang memulai optimisasi dari sebuah titik awal dan hanya mengarahkan pada nilai maksimal pada area tertentu. Sedangkan kelebihan algoritma Firefly yaitu pada pencarian solusi secara lokal atau bisa disebut optimal lokal. Optimal lokal mengacu pada titik optimal pada interval atau area terbatas pada persoalan optimisasi yang ditangani [6]. Sehingga kedua algoritma tersebut dapat mengontrol keseimbangan optimal global dan optimal lokal.

Hal tersebut telah dibuktikan pada penelitian penjadwalan komputasi grid dengan menggunakan algoritma Genetik dan Firefly. Jurnal hasil penelitian ini berjudul "New Hybrid Algorithms for Task Scheduling in Computational Grids to Decrease Makespan" [7]. Komputasi grid adalah jaringan komputer yang terhubung untuk melakukan komputasi grid. Penjadwalan komputasi grid adalah penjadwalan pekerjaan dimana sumber daya didistribusikan dengan skala yang besar. Pekerjaan tersebut dibagikan ke dalam mesin-mesin yang akan menjalankan penghitungan secara paralel. Mesin-mesin ini merepresentasikan node-node dalam suatu jaringan. Kasus ini mirip dengan job shop yang akan dibahas dimana memiliki mesin-mesin yang akan mengerjakan pekerjaan secara paralel.

Berdasarkan kelebihan dari Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly, maka banyak penelitian yang mencoba menggabungkan kedua algoritma tersebut. Tujuan dari penggabungan ini adalah memperoleh algoritma baru yang mempunyai performansi yang lebih baik dibandingkan masing-masing algoritma tersebut.

Pada skripsi ini akan dibangun perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan job shop dengan mengimplementasikan kombinasi (gabungan) dari Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly. Pembangunan perangkat lunak ini menggunakan bahasa Java. Tampilan perangkat lunak menggunakan javafx dan Scene Builder.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dari skripsi ini adalah sbb.:

1. Bagaimana menyelesaikan permasalahan job shop dengan menggunakan gabungan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly?
2. Bagaimana membangun perangkat lunak untuk menyelesaikan permasalahan job shop dengan menggunakan gabungan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly?
3. Bagaimana kinerja dari gabungan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly dibandingkan dengan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly dalam menyelesaikan permasalahan job shop?

1.3 Tujuan

Sejalan dengan rumusan masalah, tujuan dari skripsi ini adalah sbb.:

1. Menggabungkan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly untuk menyelesaikan permasalahan job shop.
2. Mengimplementasikan gabungan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly untuk menyelesaikan permasalahan job shop dalam sebuah program.
3. Mengukur dan membandingkan kinerja gabungan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly untuk menyelesaikan permasalahan job shop dengan Algoritma Genetik dan Algoritma Firefly.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada skripsi ini adalah sbb.:

1. Kriteria optimasi yang digunakan adalah makespan.
2. Metode seleksi yang digunakan adalah *Roulette Wheel*.
3. Metode *crossover* yang digunakan adalah *one point crossover*.

1.5 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur tentang proses produksi, masalah penjadwalan *job shop*, algoritma Genetik, algoritma Firefly, dan aplikasi algoritma Genetik-algoritma *Firefly* untuk masalah penjadwalan.
2. Pembangunan perangkat lunak yang terdiri atas analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian fungsional.
3. Eksperimen untuk mengukur kinerja perangkat lunak.
4. Pengambilan kesimpulan.
5. Penulisan dokumen skripsi.

1.6 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri atas enam bab, yaitu:

1. Bab 1 Pendahuluan
Bab pendahuluan akan membahas gambaran umum dari skripsi ini. Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2 Landasan Teori
Bab landasan teori akan membahas dasar teori yang menjadi acuan dalam pembuatan skripsi ini. Dasar-dasar teori yang digunakan diantaranya adalah penjadwalan proses produksi, *job shop scheduling problem*, algoritma Genetik, algoritma *Firefly*.
3. Bab 3 Analisis
Bab analisis akan membahas analisis masalah penjadwalan *job shop*, penyelesaian masalah *job shop*.
4. Bab 4 Perancangan
Bab perancangan berisi perancangan tampilan, rancangan input, rancangan output, diagram kelas sederhana, *pseudocode* algoritma Genetik, *pseudocode roulette wheel*, dan *pseudocode* algoritma *Firefly*.

5. Bab 5 Implementasi dan Pengujian Bab implementasi dan pengujian berisi implementasi dan pengujian kombinasi algoritma Genetik dan algoritma *Firefly* pada masalah penjadwalan *job shop*.
6. Bab 6 Kesimpulan dan Saran Bab kesimpulan dan saran berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir serta saran untuk pengembangan selanjutnya.