

**LAPORAN PENELITIAN**  
**SKEMA PENELITIAN**  
**KEILMUAN - KOM - Dosen Pemula**

**AREA PENELITIAN :**  
**Sains Dan Teknologi Era Industri 4.0 Dan Masyarakat 5.0**

**IMPLEMENTASI FIREFLY ALGORITMA PADA OPTIMISASI MULTI-  
OBJEKTIF PORTOFOLIO SAHAM IDX-MES BUMN 17 DENGAN  
KENDALA CARDINALITY**



Oleh :

**Ketua Peneliti:**

Rosa Andriani, M.Aktr.  
NIP.199003062024062002

**Anggota :**

Arsyelina Husni Johan, M.Si.  
NIP. 198906082024062001

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS TERBUKA**  
**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS TERBUKA**

1.	a.	Judul Penelitian	:	Implementasi Firefly Algoritma Pada Optimisasi Multi-Objektif Portofolio Saham IDX-MES BUMN 17 dengan Kendala Cardinality
	b.	Skema Penelitian	:	KOM - Dosen Pemula
	c.	Area Penelitian	:	Kompetitif Keilmuan
2.		Ketua Peneliti		
	a.	Nama Lengkap & Gelar	:	Rosa Andriani, M.Akr.
	b.	NIP/NIDN	:	199003062024062002
	c.	Golongan Kepangkatan	:	III/B
	d.	Jabatan Akademik	:	Dosen Asisten Ahli (Masa Percobaan)
	e.	Fakultas	:	FST
	f.	Unit Kerja	:	FST
	g.	Program Studi	:	S1 Matematika
3.		Anggota		
	a.	Nama Anggota I	:	Arsyelina Husni Johan, M.Si.
	b.	NIP Anggota I	:	198906082024062001
4.	a.	Tahun Penelitian	:	2024
	b.	Lama Penelitian	:	3 (tiga) Bulan
5.		Biaya Penelitian		
	a.	Diusulkan	:	9.990.000
	b.	Disetujui	:	8.630.000
6.		Sumber Biaya	:	Universitas Terbuka
7.		Pemanfaatan Hasil Penelitian		
	a.	Seminar	:	Nasional/Regional/Internasional***)
	b.	Jurnal	:	UT/Nasional/Internasional***)
8.		Luaran Penelitian	:	Journal SINTA 6, 5, 4



Tangerang Selatan, 26 November 2024

Mengetahui,  
Dekan FST

Dr. Subekti Nurmawati, M.Si.  
NIP. 196705181991032001

Ketua Peneliti

Rosa Andriani, M.Akr.  
NIP.199003062024062002



Menyetujui,  
Ketua LPPM-UT

Prof. Dewi Artati Padmo Putri, Ph.D.  
NIP. 196107241987102003



Kepala Pusat Penelitian Keilmuan

Dr. Mery Noviyanti, S.Si., M.Pd.  
NIP. 198111242005012003

## DAFTAR ISI

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
UNIVERSITAS TERBUKA	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI	iii
ABSTRAK	iv
BAB I PENDAHULUAN	5
A. Latar Belakang	5
B. Rumusan masalah	6
C. Tujuan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Optimisasi Portofolio	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. <i>Firefly Algorithm</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III METODE PENELITIAN	11
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	1
BAB IV KESIMPULAN	6
A. Kesimpulan	6
B. Saran	6
REFERENSI	7
LAMPIRAN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# Implementasi Firefly Algoritma Pada Optimisasi Multi-Objektif Portofolio Saham IDX-MES BUMN 17 dengan Kendala Cardinality

Rosa Andriani<sup>1</sup>, Arsyelina Husni Johan<sup>2</sup>

Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka

e-mail: rosa.andriani@ecampus.ut.ac.id, arsyelina.husni.johan@ecampus.ut.ac.id

## ABSTRAK

Meningkatnya minat terhadap produk keuangan syariah mencerminkan permintaan pasar yang kuat, menjadikan penelitian ini relevan dalam mendukung pengelolaan investasi berbasis Syariah. Saham Syariah, seperti yang tergabung dalam IDX-MES BUMN 17, memiliki potensi pertumbuhan yang baik karena berasal dari perusahaan dengan fundamental yang kuat dan beroperasi di sektor produktif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan portofolio saham IDX-MES BUMN 17 menggunakan Algoritma Firefly dan model multi-objektif *mean-variance* dengan mempertimbangkan kendala *cardinality*. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini untuk mengoptimalkan portofolio saham syariah IDX-MES BUMN 17. Algoritma *Firefly* diterapkan untuk menentukan kombinasi bobot saham yang optimal dengan menyeimbangkan risiko dan pengembalian. Keunggulan algoritma ini terletak pada kemampuannya dalam mengeksplorasi ruang solusi secara efektif, menghindari jebakan lokal optima, serta mencapai solusi global yang lebih baik. Dengan mempertimbangkan kendala *cardinality*, pendekatan ini menghasilkan portofolio yang lebih efisien dan mudah dikelola. Keunikan penelitian ini terletak pada penerapan algoritma *Firefly* dalam optimasi portofolio saham syariah menggunakan model multi-objektif *mean-variance* dengan kendala *cardinality*. Implementasi algoritma dalam MATLAB menghasilkan optimasi yang lebih efektif dalam menyeimbangkan risiko dan pengembalian, sekaligus mengelola keterbatasan jumlah saham dalam portofolio. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi literatur mengenai penggunaan algoritma berbasis alam dalam optimasi portofolio saham serta memberikan wawasan bagi investor dalam mengelola investasi berbasis syariah secara lebih optimal.

**Keyword** : algoritma firefly, kendala cardinality, optimisasi portofolio saham.

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Investasi di pasar saham merupakan salah satu cara yang efektif untuk meningkatkan kekayaan dan mencapai tujuan keuangan jangka panjang. Namun, memilih kombinasi saham yang tepat untuk membentuk portofolio yang optimal adalah tantangan yang kompleks. IDX-MES BUMN 17, yang terdiri dari saham-saham syariah terpilih, menawarkan peluang investasi yang menarik bagi investor yang ingin berinvestasi sesuai prinsip syariah. Untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko, diperlukan strategi optimisasi yang canggih dan efisien. Algoritma Firefly, yang diperkenalkan oleh Xin-She Yang pada tahun 2007, adalah salah satu algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku kunang-kunang dalam menarik pasangan melalui cahaya. Algoritma ini bekerja dengan cara meniru pola pencahayaan kunang-kunang untuk menemukan solusi optimal dalam ruang pencarian yang luas. Dalam konteks optimisasi portofolio saham, algoritma Firefly dapat digunakan untuk mencari solusi yang mempertimbangkan beberapa tujuan sekaligus, seperti memaksimalkan return dan meminimalkan risiko. Keunggulan utama algoritma ini adalah kemampuannya untuk menghindari jebakan solusi lokal dan menemukan solusi global yang lebih baik.

Namun, dalam praktiknya, investor sering kali dihadapkan pada kendala cardinality, yaitu pembatasan jumlah saham yang dapat dimasukkan ke dalam portofolio. Kendala ini penting untuk memudahkan pengelolaan portofolio dan mengurangi biaya transaksi. Dengan adanya kendala ini, optimisasi portofolio menjadi lebih menantang karena harus mempertimbangkan tidak hanya keuntungan dan risiko, tetapi juga jumlah saham yang terbatas.

Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Algoritma Firefly dalam optimisasi multi-objektif portofolio saham IDX-MES BEI 17 dengan mempertimbangkan kendala cardinality. MATLAB, sebagai salah satu perangkat lunak komputasi teknis yang paling populer, akan digunakan dalam penelitian ini untuk mengembangkan dan menguji algoritma yang diusulkan. MATLAB menawarkan berbagai fungsi dan *toolboxes* yang mendukung pengembangan algoritma optimisasi, sehingga memungkinkan penelitian ini untuk dilakukan dengan lebih efisien dan akurat.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang manajemen portofolio dengan menawarkan pendekatan baru yang lebih efisien dan efektif dalam pembentukan portofolio saham yang optimal. Dengan menggunakan Algoritma Firefly dan MATLAB, diharapkan dapat ditemukan solusi optimal yang memenuhi berbagai tujuan investasi sekaligus mematuhi kendala yang ada.

## **B. Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian kali ini adalah:

1. Bagaimana menyelesaikan masalah optimisasi portofolio saham IDX-MES BUMN 17 untuk masalah *multi-objective* menggunakan *Firefly Algorithm* dengan metode *sum-weighted*?
2. Bagaimana menyusun portofolio yang optimum dengan menggunakan saham-saham perusahaan yang terdaftar dalam indeks Bursa Efek Indonesia IDX-MES BUMN 17 dengan memilih sebanyak  $K$  saham?

## **C. Tujuan**

Tujuan dari penulisan penelitian ini sebagai berikut:

1. Memperoleh nilai optimum *return* dan risiko dari portofolio saham IDX-MES BUMN 17 untuk masalah *multi-objective* menggunakan *Firefly Algorithm* dengan metode *sum-weighted*.
2. Menyusun portofolio optimum menggunakan saham-saham perusahaan yang terdaftar dalam indeks Bursa Efek Indonesia IDX-MES BUMN 17 sebanyak  $K$  saham.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Optimisasi portofolio saham adalah proses penting dalam manajemen investasi untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko. Portofolio saham yang optimal biasanya dicapai dengan mempertimbangkan berbagai kriteria, termasuk keuntungan yang diharapkan, risiko, dan kendala lain seperti batasan *cardinality* (jumlah) saham yang bisa dimiliki dalam portofolio.

Firefly Algorithm (FA) adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi oleh perilaku kunang-kunang. FA digunakan untuk memecahkan masalah optimisasi kompleks termasuk optimisasi multi-objektif. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan FA untuk optimisasi portofolio saham IDX-MES BUMN 17 dengan kendala *cardinality*.

### 1. Optimisasi Portofolio

Optimisasi portofolio melibatkan pemilihan saham yang akan dimasukkan dalam portofolio dengan tujuan memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko. Model Markowitz (1952) adalah salah satu pendekatan klasik untuk optimisasi portofolio.

#### **Return portofolio**

*Return* adalah pengembalian atas besaran perubahan harga atas sebuah investasi selama periode tertentu dapat berupa keuntungan ataupun kerugian.

Pada umumnya *risk free portfolio* atau portofolio bebas risiko tersusun dari kombinasi saham yang menghasilkan *expected return*  $R$  yang sama untuk setiap periode, *expected return* portofolio didefinisikan sebagai berikut:

$$R = \sum_{i=1}^n \bar{r}_i y_i$$

atau dalam bentuk perkalian vektor dapat ditulis menjadi:

$$R = \bar{\mathbf{r}}^T \mathbf{y}$$

dengan  $\bar{\mathbf{r}} = (\bar{r}_1, \bar{r}_2, \dots, \bar{r}_n)^T$

#### **Risiko portofolio**

Risiko merupakan peluang terjadinya penyimpangan dari suatu rata-rata tingkat pengembalian (*return*) yang diharapkan. Dalam statistika risiko dinyatakan dalam standar deviasi ( $\sigma$ ) atau dalam bentuk kuadrat yang disebut variansi ( $\sigma^2$ ).

Variansi *return* saham ke- $i$  didefinisikan sebagai berikut:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_i)^2$$

dan kovariansi *return* saham ke- $i$  dan *return* saham ke- $k$  adalah:

$$\sigma_{ik} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_i) (r_{kj} - \bar{r}_k)$$

dengan  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ , dan  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Sedangkan variansi dari suatu portofolio adalah:

$$V = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 y_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sigma_{ij} y_i y_j$$

atau dalam bentuk perkalian vektor dapat ditulis menjadi:

$$V = \mathbf{y}^T Q \mathbf{y}$$

dengan

$$Q = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_{nn} \end{pmatrix}$$

adalah matriks variansi-kovariansi *return*, dimana  $\sigma_{ik} = \rho_{ik} \sigma_i \sigma_k$  dan  $\rho_{ik}$  adalah koefisien korelasi dari saham ke- $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) dengan saham  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ).

### Optimisasi Portofolio dengan Kendala *Cardinality*

Kendala *cardinality* merujuk pada pembatasan jumlah aset yang dapat dimasukkan dalam portofolio. Dalam banyak kasus, investor mungkin ingin membatasi jumlah saham yang dapat dipilih untuk menghindari portofolio yang terlalu kompleks atau tidak praktis. Kendala *cardinality* dapat dinyatakan sebagai jumlah maksimum atau minimum dari saham yang dapat dipilih dalam portofolio (Jensen dan Bard, 2003).

Metode optimisasi yang menangani kendala *cardinality* sering kali memerlukan modifikasi dari algoritma optimisasi standar. Dalam konteks algoritma Firefly, modifikasi dapat mencakup penyesuaian pada fungsi objektif dan penambahan langkah-langkah untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan mematuhi batasan *cardinality*.

Kendala *cardinality* merupakan suatu kendala yang digunakan untuk memilih  $K$  saham yang akan dimasukkan kedalam portofolio dari  $N$  saham yang tersedia. Jika seorang investor ingin membentuk portofolio dengan memilih  $K$  saham dari  $N$  saham yang tersedia, dengan harapan portofolio yang disusunnya memiliki risiko yang minimum dan target return yang diinginkan sebesar  $R_p$  didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Min} \quad V = \mathbf{y}^T Q \mathbf{y}$$

$$\text{Kendala} \quad \bar{\mathbf{r}}^T \mathbf{y} = R_p$$

$$\mathbf{e}^T \mathbf{y} = 1$$

$$\sum_{i=1}^n z_i = K$$

$$z_i y_{min} \leq y_i \leq z_i y_{max}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan  $z_i \in \{0,1\}$

Masalah ini dapat diselesaikan dengan mengubahnya menjadi masalah tanpa kendala dengan menggunakan fungsi *penalty* menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Min } F = & \mathbf{y}^T Q \mathbf{y} + \rho (\bar{\mathbf{r}}^T \mathbf{y} - Rp)^2 + \rho (1 - \mathbf{e}^T \mathbf{y})^2 \\ & - \rho \left( \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{K} - 1 \right)^2 \end{aligned}$$

Dengan  $\rho$  adalah konstanta *penalty* yang bernilai positif dan cukup besar.

## 2. *Firefly Algorithm*

*Firefly Algorithm* pertama kali dikembangkan oleh Xin-She Yang pada akhir 2007 dan diterbitkan pada 2008. Algoritma ini merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi oleh perilaku dan pola berkedip dari kunang-kunang. Dalam penyusunan algoritmanya, Yang telah mengidealkan beberapa asumsi, yaitu :

1. Semua kunang-kunang adalah *unisex*, sehingga seekor kunang-kunang akan tertarik pada kunang-kunang yang lain tanpa memperdulikan jenis kelaminnya.
2. Daya tarik sebanding dengan tingkat kecerahan yang dipancarkan oleh kunang-kunang. Kunang-kunang akan bergerak menuju kunang-kunang yang lebih cerah. Tingkat kecerahan kunang-kunang dipengaruhi oleh jarak diantaranya. Jika tidak ada yang lebih cerah maka kunang-kunang akan bergerak secara acak.
3. Tingkat kecerahan kunang-kunang dipengaruhi oleh kondisi dari fungsi objektif.

Intensitas cahaya dan daya tarik merupakan hal penting dalam algoritma ini. Intensitas cahaya  $I$  dari kunang-kunang pada suatu lokasi  $x$  didefinisikan oleh nilai fungsi objektif  $f$  dari kunang-kunang. Namun daya tarik  $\beta$  bersifat relatif berdasarkan penilaian dari kunang-kunang yang lain. Hal tersebut dapat bervariasi tergantung jarak  $r_{ij}$  diantara kunang-kunang  $i$  dan kunang-kunang  $j$ . Dan intensitas cahaya akan berkurang seiring jarak terhadap sumbernya serta adanya faktor koefisien penyerapan cahaya ( $\gamma$ ).

Daya tarik  $\beta$  dari kunang-kunang didefinisikan sebagai berikut:

$$\beta(r) = \beta_0 e^{-\gamma r^2}$$

dengan  $\beta_0$  merupakan daya tarik saat  $r = 0$  dan  $\gamma$  adalah koefisien penyerapan pada medium udara.

Untuk menghitung jarak  $r_{ij}$  antar kunang-kunang dapat menggunakan persamaan:

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2}$$

dimana  $x_{i,k}$  adalah komponen ke- $k$  dari vektor  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) dan  $x_{j,k}$  adalah komponen ke- $k$  dari vektor  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Pergerakan kunang-kunang  $i$  menuju kunang-kunang  $j$  yang lebih cerah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j^t - x_i^t) + \alpha \left[ \mathbf{rand} - \frac{1}{2} \right]$$

dimana:

$t$  : iterasi

$x_i^t$  : posisi kunang-kunang ke- $i$  saat iterasi ke- $t$

$\beta_0$  : daya tarik kunang-kunang awal, biasanya digunakan  $\beta_0 = 1$

$\gamma$  : koefisien penyerapan udara, dengan  $\gamma \in [0, \infty)$

$r_{ij}$  : jarak kunang-kunang ke- $i$  terhadap kunang-kunang ke- $j$

$\alpha$  : faktor skala untuk *step size*

**rand** : vektor acak  $\in [0, 1]$

Pada Yang, nilai parameter  $\alpha$  akan dibuat turun secara bertahap seiring dengan nilai optimum yang akan semakin mendekat. Yang mendefinisikan:

$$\alpha = \alpha_0 \theta^t$$

dimana  $\theta = (0, 1]$ . Biasanya nilai  $\theta$  yang digunakan antara 0.9 sampai dengan 0.99 dan  $\alpha_0 = 1$ . Pada penerapannya, nilai parameter yang digunakan dalam simulasi ini akan berubah-ubah disesuaikan dengan permasalahan optimisasi yang dihadapi.

Penelitian sebelumnya yang relevan mencakup penggunaan algoritma optimisasi dalam konteks portofolio saham dan kendala cardinality. Misalnya, penelitian oleh Jha dan Kumar (2017) menunjukkan bahwa algoritma metaheuristik seperti FA dapat diadaptasi untuk menyertakan kendala cardinality dengan mengubah representasi solusi dan penyesuaian fungsi objektif.

Selain itu, studi oleh Liu dan Lin (2021) menunjukkan bahwa kombinasi FA dengan teknik pemrograman linier dapat digunakan untuk mengatasi kendala cardinality dalam optimisasi portofolio, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan dalam diversifikasi portofolio dan efisiensi pengembalian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental yang bertujuan untuk mengoptimalkan portofolio saham IDX-MES BUMN 17 menggunakan Algoritma Firefly dengan kendala cardinality. Penelitian ini dimulai dengan peninjauan literatur yang komprehensif untuk memahami teori dan praktik terkini dalam optimisasi portofolio, penerapan Algoritma Firefly, dan karakteristik indeks IDX-MES BUMN 17. Peninjauan ini mencakup studi artikel jurnal, buku, dan publikasi ilmiah yang relevan untuk mendalami pendekatan yang telah diterapkan sebelumnya dalam bidang ini. Setelah tinjauan literatur, tahap berikutnya adalah pengumpulan data, di mana harga saham historis, laporan keuangan, dan informasi relevan lainnya dari saham yang terdaftar dalam IDX-MES BUMN 17 dikumpulkan untuk digunakan dalam analisis.

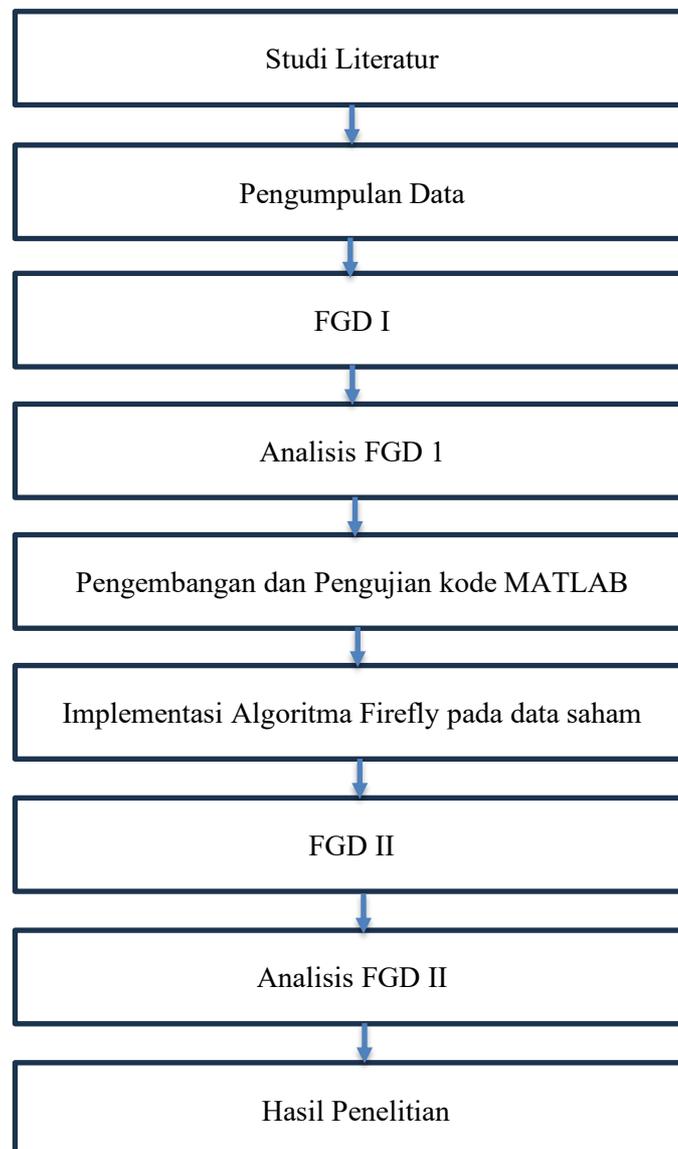
*Focus Group Discussion (FGD) I* kemudian dilaksanakan dengan melibatkan ahli dari bidang finansial dan optimisasi untuk mendapatkan masukan tentang parameter yang tepat dan metodologi yang akan digunakan dalam penelitian. Hasil dari FGD I dianalisis untuk merumuskan parameter dan strategi yang sesuai untuk penerapan Algoritma Firefly.

Selanjutnya, kode MATLAB dikembangkan untuk menerapkan Algoritma Firefly pada data saham. Kode ini diuji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa algoritma berjalan dengan baik dan menghasilkan output yang akurat. Algoritma Firefly kemudian diterapkan pada data saham yang telah dikumpulkan untuk melakukan simulasi awal. Hasil simulasi ini dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas optimisasi portofolio yang dilakukan.

*Focus Group Discussion (FGD) II* dilakukan untuk memperoleh umpan balik mengenai hasil simulasi dan analisis awal. Masukan dari FGD II digunakan untuk mengevaluasi dan memperbaiki hasil optimisasi serta metodologi yang diterapkan. Hasil dari proses ini kemudian dianalisis secara mendalam untuk menilai kinerja portofolio yang dihasilkan oleh Algoritma Firefly.

Akhirnya, laporan penelitian disusun dengan mencakup abstrak, latar belakang, metodologi, hasil, dan kesimpulan dari penelitian. Selain itu, laporan penggunaan data penelitian juga disiapkan, mencakup detail mengenai jenis data yang digunakan, metode pengumpulan, serta cara data tersebut diolah dan dianalisis selama penelitian.

Indikator capaian penelitian mencakup kelengkapan kajian literatur, desain penelitian yang valid dan terperinci, implementasi algoritma yang efektif dalam MATLAB, validasi hasil simulasi yang memadai, serta penyusunan laporan yang komprehensif dan diseminasi hasil penelitian yang luas. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam bidang optimisasi portofolio saham dengan pendekatan yang berbasis algoritma Firefly.



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian

Indikator capaian penelitian untuk implementasi algoritma Firefly pada optimisasi multi-objektif portofolio saham IDX-MES BUMN 17 dengan kendala cardinality:

1. Validasi Model: Keberhasilan algoritma dalam menghasilkan portofolio yang optimal.
2. Efisiensi Algoritma: Waktu komputasi dan sumber daya yang digunakan oleh algoritma.

3. Kinerja Portofolio: Tingkat pengembalian dan risiko portofolio yang dihasilkan.
4. Hasil yang Diharapkan: Portofolio saham yang optimal dengan kombinasi bobot saham yang tepat.
5. Implementasi dan Uji Coba: Pengujian algoritma pada data historis saham dan analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter algoritma.
6. Dokumentasi dan Pelaporan: Laporan lengkap mengenai metodologi, hasil, dan analisis dalam bentuk artikel ilmiah dengan target publikasi pada jurnal nasional terakreditasi sinta.



**Jadwal Penelitian :**

Kegiatan	Agustus 2024		September 2024				Oktober 2024				November 2024				Desember 2024			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Penyusunan dan pengajuan proposal penelitian	■	■																
Peninjauan literatur terkait optimisasi portofolio, Algoritma Firefly, dan indeks IDX-MES BUMN 17			■	■														
Pengumpulan data saham IDX-MES BUMN 17, termasuk harga saham historis, laporan keuangan, dan data relevan lainnya					■	■												
FGD I							■											
Analisis hasil FGD II							■											
Pengembangan dan pengujian kode MATLAB untuk Algoritma Firefly								■	■									
Implementasi Algoritma Firefly pada data saham yang telah dikumpulkan, termasuk simulasi dan analisis awal										■	■	■						
FGD II													■					
Analisis hasil FGD II													■	■				
Analisis hasil optimisasi, termasuk evaluasi kinerja portofolio yang dihasilkan															■	■		
Penyusunan laporan penelitian dan laporan penggunaan data penelitian																	■	■

## **BAB IV HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini membahas penerapan metode Firefly Algorithm untuk optimisasi portofolio saham menggunakan data riil dari indeks IDX-MES BUMN 17, sebuah indeks saham syariah yang terdiri dari perusahaan-perusahaan BUMN. Indeks ini tidak hanya mencerminkan kinerja perusahaan milik negara tetapi juga menjunjung prinsip-prinsip syariah, sehingga menarik untuk dianalisis menggunakan pendekatan optimisasi yang inovatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari situs Yahoo Finance dan Investing, yang menyediakan data historis harga saham, sehingga menjamin bahwa analisis dan hasil optimisasi didasarkan pada informasi aktual yang relevan dengan kondisi pasar.

Metode Firefly Algorithm digunakan untuk menangani optimisasi portofolio dengan berbagai tujuan sekaligus, seperti memaksimalkan return, meminimalkan risiko, dan memenuhi batasan kardinalitas, yaitu pembatasan jumlah saham yang dapat dimasukkan ke dalam portofolio. Hal ini penting dalam konteks nyata karena investor sering kali menghadapi kendala praktis seperti biaya transaksi atau diversifikasi yang terlalu luas. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya yang unggul dalam menangani permasalahan optimisasi dengan ruang pencarian yang kompleks dan non-linear. Dengan memanfaatkan mekanisme pencarian global berdasarkan intensitas cahaya (yang merepresentasikan kualitas solusi), Firefly Algorithm memungkinkan eksplorasi solusi yang lebih optimal dibandingkan metode tradisional seperti Mean-Variance Optimization, yang sering kali terbatas pada asumsi linearitas dan distribusi normal.

Lebih jauh, penelitian ini menonjolkan aspek keunikannya dalam penerapan pada portofolio saham berbasis syariah. Selain mempertimbangkan keuntungan dan risiko, portofolio yang dihasilkan juga memenuhi prinsip syariah, seperti menghindari investasi pada sektor yang tidak halal atau perusahaan dengan rasio utang yang tidak sesuai syariah. Pendekatan ini tidak hanya memberikan solusi yang efisien tetapi juga relevan untuk investor yang berfokus pada nilai-nilai etis dalam berinvestasi.

Keunggulan lainnya adalah penggunaan data riil yang memungkinkan evaluasi kinerja algoritma dalam skenario dunia nyata. Dengan membandingkan hasil optimisasi dengan kinerja pasar aktual, penelitian ini memberikan wawasan praktis bagi investor dalam membangun portofolio optimal yang tidak hanya efisien secara risiko dan return tetapi juga sesuai dengan nilai syariah. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam literatur ilmiah, terutama dalam pengembangan aplikasi algoritma metaheuristik untuk pasar keuangan syariah. Secara keseluruhan, penelitian ini membuka peluang baru dalam strategi investasi yang

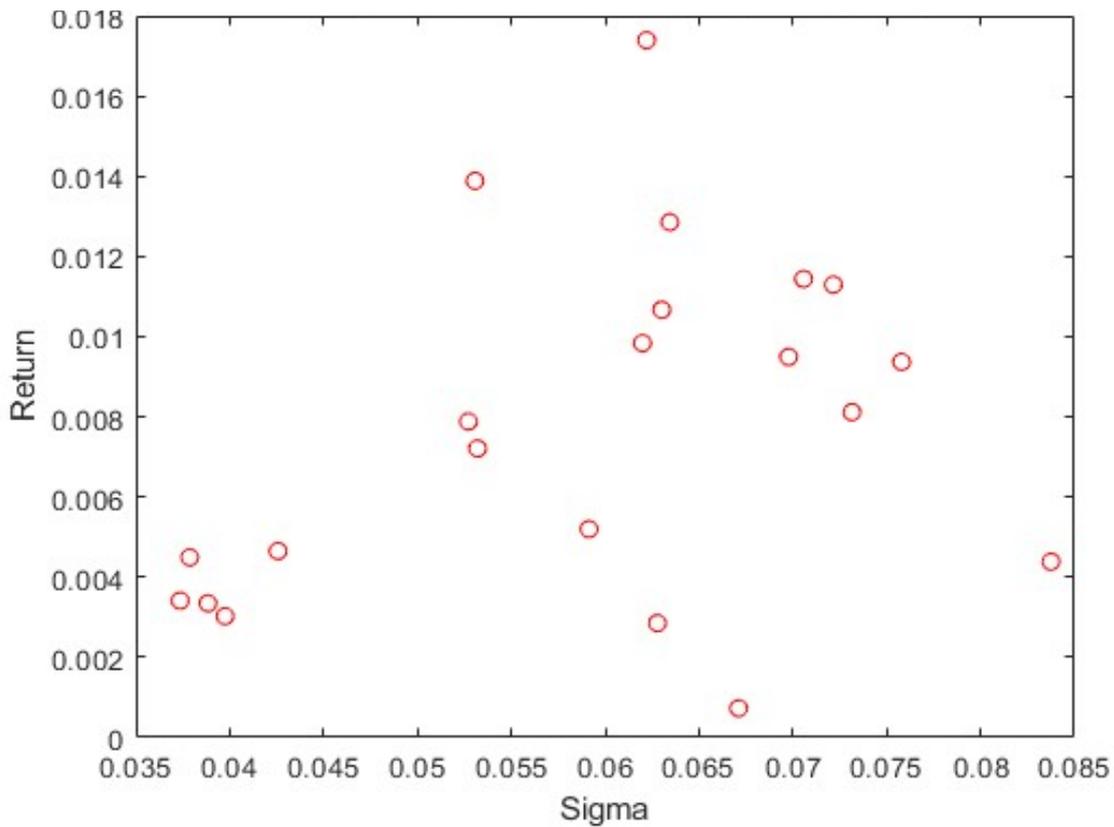
inovatif dan berbasis data, sekaligus menjadi langkah maju dalam pengembangan pendekatan optimisasi portofolio yang relevan untuk kebutuhan investor syariah. Dengan mempertimbangkan keunggulan dan fleksibilitas Firefly Algorithm, penelitian ini juga menawarkan potensi untuk diterapkan lebih luas, baik pada pasar keuangan syariah lainnya maupun portofolio yang lebih kompleks.

### **Optimisasi *Multi-Objective* Indeks Saham BEI IDX-MES BUMN 17**

Pada masalah ini diselesaikan dengan metode jumlah berbobot (*sum-weighted method*) dengan bobot yang digunakan berada pada interval  $0 \leq \lambda \leq 1$  dengan jarak 0.05 sehingga terdapat 21 bobot. Setiap pasang bobot  $(\lambda, 1-\lambda)$  akan memberikan pasangan nilai  $(\sigma, R)$  dengan  $\sigma = \sqrt{V}$ , sehingga akan terdapat 21 titik yang dapat digunakan untuk membangun *pareto front* atau grafik yang menunjukkan pasangan nilai  $(\sigma, R)$ .

Jika investor menggunakan bobot  $\lambda = 0$ , maka  $(1 - \lambda) = 1$ , yang berarti pada optimisasi dengan bobot tersebut menitikberatkan pada meminimumkan risiko, sebaliknya juga investor menggunakan bobot  $\lambda = 1$ , maka masalah optimisasi lebih menitikberatkan pada memaksimumkan *return*. Semakin tinggi bobot, maka risiko yang dihasilkan semakin besar.

Pada tahap ini akan disusun portofolio optimum *multi-objective* dengan kendala *cardinality*. Hal ini bertujuan untuk membandingkan portofolio saham Asabri dan Jiwasraya dengan portofolio saham yang disusun secara optimum dari indeks saham BEI IDX-MES BUMN 17. Dengan dengan  $n = 500, \alpha = 0.009, \gamma = 1.00, \theta = 0.98, \delta_1 = 1 \times 10^{-10}, \delta_2 = 1 \times 10^{-10}, t \text{ batas} = 1000, tmax = 10000$  didapatkan hasil sebagai berikut.



Pada gambar diatas terlihat bahwa titik-titik cukup menyebar. Hal ini dikarenakan algoritma yang membutuhkan populasi yang lebih banyak untuk dimensi yang cukup tinggi. Sementara semakin tinggi populasi disebar, maka semakin lama pula waktu perhitungannya. Namun secara garis besar grafik diatas sudah cukup menunjukkan hubungan return dengan standar deviasi dan hubungan  $K$  yang dipilih.

Semakin besar nilai  $K$  yang dipilih maka semakin kecil return yang akan didapatkan. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak saham yang dipilih dari  $n$  saham, maka algoritma harus memilih saham-saham dengan return yang tidak terlalu besar.

Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil perhitungan dengan masalah optimisasi *multi-objective*.

Kode Saham	Lambda					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
ANTM	0	0	0,42777778	0	1,68263889	1,00972222
BRIS	0.4357	0.4437	0.0185	0.4386	0.1471	0.1641

ELSA	0	0	0	0	0	0
IPCC	0	0	0.0678	0	0.0207	0
KAEF	0	0	0	0	0	0
PGAS	0	0	0	0	0	0
PTBA	0.3240	0.3099	0	0.2971	0	0
PTPP	0.0610	0.0516	0	0.0533	0	0
SMBR	0	0	0	0	0	0
SMGR	0	0	0	0	0	0
TINS	0	0	0	0	0	0
TLKM	0	0	0.0429	0	0.0225	0.0278
WEGE	0.1064	0.0755	0.8095	0.0964	0.5675	0.6628
WTON	0.0730	0.1195	0	0.1145	0	0
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Variansi 1.0e-03 *	0.5321 *	0.5362	0.6250	0.5330	0.5298	0.5655
Return	0.0004	0.0004	0.0607	0.0004	0.2420	0.1450
Min F	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000

Pada portofolio yang disusun dari IDX-MES BUMN 17, didapat return yang didapat bernilai positif dengan nilai risiko yang mengimbangi. Hal ini menunjukkan adanya potensi investor mendapatkan keuntungan jika membeli 5 saham dari IDX-MES BUMN 17 yang terpilih oleh

algoritma namun disertai risiko yang sesuai.

## BAB V KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Firefly algorithm* merupakan algoritma yang dapat menemukan solusi fungsi *benchmark* dan masalah *Mixed Integer Non-linear Programming* (MINLP) dengan baik.
2. *Firefly algorithm* merupakan algoritma yang cukup baik dalam menyelesaikan masalah optimisasi saham untuk masalah *single-objective* dan *multi-objective*.
3. Dari saham-saham yang ada didalam indeks BEI IDX-MES BUMN 17, jika diambil saham sejumlah saham lalu dioptimisasi dengan masalah *multi-objective* diperoleh hasil *return* positif dengan risiko yang kecil.

### B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa masukan yang penulis sarankan, yaitu:

1. Dilakukan modifikasi untuk Firefly Algorithm sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih akurat dan algoritma dapat lebih cepat dalam mencari nilai optimum terutama untuk fungsi objektif pada dimensi yang cukup tinggi,
2. Menggunakan data harga saham portofolio saham dengan periode yang lebih lama sehingga hasil yang didapatkan lebih baik.
3. Menggunakan populasi yang lebih banyak terutama untuk masalah *multi-objective* untuk menghindari algoritma terjebak pada minimum lokal.
4. Menggunakan nilai bobot  $\lambda$  yang lebih banyak agar grafik *pareto front* terlihat lebih baik.
5. Untuk menjalankan algoritma menggunakan parameter populasi besar pada masalah berdimensi tinggi disarankan menggunakan komputer dengan spesifikasi lebih baik dari yang dipakai dalam pengerjaan penelitian ini.

## REFERENSI

- Jha, S., & Kumar, A. (2017). A Hybrid Firefly Algorithm with Cardinality Constraints for Portfolio Optimization. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 312, 183-196.
- Jensen, M. C. & Bard, J. F. (2003). *The Theory and Practice of Optimization*. John Wiley & Sons.
- Liu, S. & Lin, Y. (2021). Enhancing Portfolio Optimization with Cardinality Constraints Using Firefly Algorithm. *International Journal of Financial Engineering*.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Yang, X. S. (2008). *Nature-inspired metaheuristic algorithms*. Luniver Press.
- Yang, X.S. (2014): *Cuckoo Search and Firefly Algorithm*. London: Springer.
- Yang, X.S. (2018): *Nature-Inspired Algorithms and Applied Optimization*. London: Springer.