# ANALISIS PEMBENTUKAN PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL BERBASIS *K-MEDOIDS CLUSTERING* DAN *MEAN-VARIANCE EFFICIENT PORTFOLIO*

**MUTHIARA ANANTHA SIMANJUNTAK**
**H1091211003**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

# ANALISIS PEMBENTUKAN PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL BERBASIS *K-MEDOIDS CLUSTERING* DAN *MEAN-VARIANCE EFFICIENT PORTFOLIO*

**MUTHIARA ANANTHA SIMANJUNTAK**
**H1091211003**

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika

**PROGRAM STUDI STATISTIKA**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

| | |
|---|---|
| Judul Tugas Akhir | : Analisis Pembentukan Portofolio Saham Optimal Berbasis *K-Medoids Clustering* dan *Mean-Variance Efficient Portfolio* |
| Nama Mahasiswa | : Muthiara Anantha Simanjuntak |
| NIM | : H1091211003 |
| Jurusan/Program Studi | : Matematika/Statistika |
| Tanggal Lulus | : 22 Januari 2025 |
| SK Pembimbing | : No. 2583/UN22.8/TD.06/2024 /2 September 2024 |
| SK Penguji | : No. 5567/UN22.8/TD.06/2024 /31 Desember 2024 |

Dosen Pembimbing

| Pembimbing I | Pembimbing II |
|---|---|
| Dr. Evy Sulistianingsih, S.Si., M.Sc. | Shantika Martha, M.Si. |
| NIP. 198502172008122006 | NIP. 198403082008122003 |

Dosen Penguji

| Ketua Penguji | Anggota Penguji |
|---|---|
| Nurfitri Imro'ah, M.Si. | Neva Satyahadewi, M.Sc.,CRA.,CRP.,CRMP |
| NIP. 198907182019032021 | NIP. 198212042005012001 |

| Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji) | Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji) |
|---|---|
| Dr. Evy Sulistianingsih, S.Si., M.Sc. | Shantika Martha, M.Si. |
| NIP. 198502172008122006 | NIP. 198403082008122003 |

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, M.Si.
NIP. 197108022000031001

## PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

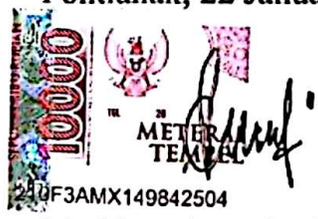
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

| | |
|---|---|
| Nama | : Muthiara Anantha Simanjuntak |
| NIM | : H1091211003 |
| Program Studi/ Jurusan | : Statistika/Matematika |
| Fakultas | : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam |

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 22 Januari 2025




Muthiara Anantha Simanjuntak
NIM H1091211003

**Analisis Pembentukan Portofolio Saham Optimal Berbasis *K-Medoids Clustering* dan *Mean-Variance Efficient Portfolio***

## Abstrak

Pasar modal memiliki peran penting dalam perekonomian dengan menyediakan instrumen investasi bagi investor dan sumber pendanaan bagi perusahaan. Portofolio di pasar modal terdiri dari kumpulan aset keuangan seperti saham yang bertujuan untuk mencapai imbal hasil (*return*) optimal dan mengurangi risiko. Salah satu metode pembentukannya adalah analisis pengelompokkan atau *cluster*. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk portofolio saham optimal dengan menerapkan *K-Medoids Clustering* menggunakan pendekatan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW), menentukan bobot saham menggunakan *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP), serta menghitung ekspektasi *return* dan risiko portofolio. Analisis dilakukan pada data harga penutupan saham Indeks LQ45 periode Agustus 2023 hingga Juli 2024. Langkah-langkah penelitian meliputi pengumpulan data, perhitungan *return* logaritmik, pemilihan saham dengan ekspektasi *return* positif, pengelompokan saham berbasis *K-Medoids Clustering* dengan jarak DTW, penentuan bobot saham dengan MVEP, serta perhitungan ekspektasi *return* dan risiko portofolio. Berdasarkan penelitian, ditemukan 19 saham dengan ekspektasi *return* positif yang dikelompokkan ke dalam tiga portofolio berdasarkan kemiripan pola harga saham. Portofolio 1 memiliki risiko dan *return* rendah dengan nilai *return* 0,054% dan risiko 0,925%. Portofolio 2 menunjukkan risiko dan *return* tinggi dengan *return* 0,123% dan risiko 1,077%. Sementara itu, Portofolio 3 memiliki risiko tinggi dengan *return* rendah dengan nilai *return* 0,059% dan risiko 1,221%. Penelitian ini memberikan panduan bagi investor dalam memilih saham dan merancang strategi portofolio berdasarkan preferensi risiko mereka.

Kata kunci: Pasar modal, Indeks LQ45, *Dynamic Time Warping*, *Silhouette*

***Analysis of Optimal Stock Portfolio Formation Based on K-Medoids Clustering and Mean-Variance Efficient Portfolio***


## Abstract

*The capital market has a crucial role in the economy by providing investment instruments for investors and funding sources for companies. A portfolio in the capital market consists of a collection of financial assets, such as stocks, aimed at achieving optimal returns and minimizing risks, with one of the methods being clustering analysis. This research aims to form an optimal stock portfolio by applying K-Medoids Clustering with Dynamic Time Warping (DTW) distance, determining stock weights using the Mean-Variance Efficient Portfolio (MVEP) approach, and calculating the expected return and risk of the portfolios. The analysis was conducted on the closing prices of stocks listed in the LQ45 Index from August 2023 to July 2024. The research steps include data collection, calculation of logarithmic returns, selection of stocks with positive expected returns, clustering of stocks using K-Medoids Clustering with DTW distance, determination of stock weights with MVEP, and calculation of expected return and portfolio risk. Based on the findings, 19 stocks with positive expected returns were identified and grouped into three portfolios based on the similarity of stock price patterns. Portfolio 1 has low risk and low returns, with a return of 0,054% and a risk of 0,925%. Portfolio 2 has high risk and high returns, with a return of 0,123% and a risk of 1,077%. On the other hand, Portfolio 3 has high risk and low returns, with a return of 0,059% and a risk of 1,221%. This research provides guidance for investors in selecting stocks and designing portfolio strategies based on their risk preferences.*



***Keywords:*** *Capital market, LQ45 Index, Dynamic Time Warping, Silhouette*

# PRAKATA

Segala puji dan syukur panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala petunjuk, kekuatan, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Analisis Pembentukan Portofolio Saham Optimal Berbasis *K-Medoids Clustering* dan *Mean-Variance Efficient Portfolio*"**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistik pada Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat berbagai bentuk dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan semangat dan arahan kepada penulis. Dengan rasa syukur yang mendalam, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik. Perkenankan penulis untuk mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. *Jesus Christ*, terimakasih Tuhan atas tuntunan, bimbingan, hikmat, dan pengetahuan yang luar biasa indah, menuntun penulis sepanjang hidup tanpa pernah meninggalkan sedetik pun hingga hari ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Anthon Bernard Simanjuntak dan Ibu Magdalena Yunita, serta kakak Prisga dan adik Togarma, yang sangat saya cintai dan tak tergantikan, atas segala semangat, dukungan, doa, dan rumah untuk pulang yang telah mereka berikan.
3. Ibu Dr. Evy Sulistianingsih, S.Si., M.Sc. dan Ibu Shantika Martha, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan, serta motivasi dalam menyelesaikan penulisan skripsi.
4. Ibu Nurfitri Imro'ah, M.Si. dan Ibu Neva Satyahadewi, M.Sc., CRA., CRP., CRMP selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Sahabat penulis, Hera, Putri, Luis, Della, Ulya, Wahida, Ghina, Nanda, dan Fransiska yang telah ikhlas menemani, berdiskusi, belajar, bermain, dan memberikan semangat selama masa perkuliahan.

6. Sahabat seperjuangan penulis, Ola, Eno, Dzakira, Esy, Desti, Nia, dan Wiwi yang memberikan doa dan semangat kepada penulis.
7. Saudara Primus Mario Andaka Ginting yang telah menemani penulis dalam masa susah dan senang selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman Statistika Universitas Tanjungpura angkatan 2021 yang telah membersamai penulis selama masa perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan doa dan motivasi kepada penulis serta perjalanan hidup yang tentunya tidak ternilai harganya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat berguna untuk penyusunan yang lebih baik di masa depan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dari awal hingga akhir dalam penyusunan skripsi ini.

Pontianak, 22 Januari 2025

Muthiara Anantha Simanjuntak

# DAFTAR ISI

**Abstrak** ..... **iv**
**Abstract** ..... **v**
**PRAKATA** ..... **vi**
**DAFTAR ISI** ..... **viii**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **xi**
**DAFTAR TABEL** ..... **xii**
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... **xiii**
**DAFTAR SIMBOL** ..... **xiv**
**BAB I PENDAHULUAN** ..... **1**
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 5
1.3 Tujuan Penelitian ..... 5
1.4 Batasan Masalah ..... 6
1.5 Tinjauan Pustaka ..... 6
1.6 Metodologi Penelitian ..... 8
**BAB II LANDASAN TEORI** ..... **14**
2.1 Pasar Modal ..... 14
2.2 Investasi ..... 14
2.3 Saham ..... 15
2.4 *Return* Saham ..... 16
2.5 Ekspetasi *Return* Saham ..... 16
2.6 Risiko Saham ..... 17
2.7 Indeks LQ45 ..... 18
2.8 Portofolio ..... 19
2.9 Analisis Deskriptif ..... 19
2.10 Matriks dan Operasi Matriks ..... 20
**BAB III *K-MEDOIDS CLUSTERING* DAN *MEAN-VARIANCE EFFICIENT PORTOFOLIO* (MVEP)** ..... **23**

3.1 Analisis *Cluster* ..... 23
3.2 Data *Time Series* ..... 24
3.3 Jalur Pembengkokan Optimum ..... 24
3.4 Jarak *Dynamic Time Warping* ..... 26
3.5 Analisis *K-Medoids Clustering* ..... 27
3.6 Metode *Silhouette* ..... 28
3.7 Ekspetasi *Return* dan Risiko Portofolio ..... 30
3.8 *Mean-Variance Efficient Portofolio* (MVEP) ..... 33
**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 36**
4.1 Deskripsi Data ..... 36
4.2 *Return* dan Ekspetasi *Return* ..... 36
4.3 Statistik Deskriptif ..... 37
4.4 *Dynamic Time Warping* ..... 39
4.4.1 Perhitungan *Cost Matrix* ..... 40
4.4.2 Penentuan Jalur Pembengkokan Optimum ..... 42
4.4.3 Penentuan Jarak *Dynamic Time Warping* ..... 44
4.5 Analisis *K-Medoids Clustering* ..... 44
4.5.1 Penentuan Banyak *Cluster* Menggunakan *Silhouette* ..... 45
4.5.2 Menentukan *Medoid* Awal Secara Acak ..... 46
4.5.3 Perhitungan Jarak DTW Tiap Objek terhadap *Medoid* ..... 46
4.5.4 Menentukan Kembali *Medoid* ..... 48
4.6 *Cluster*isasi dengan *K-Medoids Clustering* ..... 49
4.7 Validasi *Cluster* ..... 50
4.8 Pembentukan Portofolio ..... 53
4.9 Ekspetasi, Varians, dan Matriks Varians-Kovarians ..... 55
4.10 Penentuan Bobot Saham Menggunakan MVEP ..... 58
4.11 Perhitungan Ekspetasi *Return* Portofolio ..... 62
4.12 Perhitungan Risiko Portofolio ..... 64
**BAB V KESIMPULAN ..... 67**
5.1 Kesimpulan ..... 67

5.2 Saran ..... 68

**DAFTAR PUSTAKA ..... 69**

**LAMPIRAN ..... 76**

# DAFTAR GAMBAR

**Gambar 1.1** *Flowchart* Penelitian..... 13
**Gambar 3.1** Jalur Pembengkokan Optimum..... 25
**Gambar 4.1** Pola Pergerakan Saham ..... 38
**Gambar 4.2** Jalur Pembengkokan Optimum Saham ACES dan ADRO ..... 43
**Gambar 4.3** Plot *Silhouette* untuk Penentuan *k* Optimal..... 45
**Gambar 4.4** Pola Pergerakan Harga Saham Tiap *Cluster* ..... 54

# DAFTAR TABEL

**Tabel 3.1** Kriteria Pengukuran Koefisien *Silhouette* ..... 30
**Tabel 4.1** Ekspetasi *Return* Positif ..... 37
**Tabel 4.2** Statistik Deskriptif ..... 37
**Tabel 4.3** Matriks Jarak DTW ..... 44
**Tabel 4.4** *Medoid* Awal ..... 46
**Tabel 4.5** *Cluster* dengan *Medoid* Acak ..... 47
**Tabel 4.6** *Medoid* Baru ..... 48
**Tabel 4.7** *Cluster* dengan *Medoid* Baru ..... 48
**Tabel 4.8** Hasil Pembentukan *Cluster* ..... 49
**Tabel 4.9** Nilai SC2k bagi Setiap *Cluster* untuk $k = 3$ ..... 52
**Tabel 4.10** Ekspetasi dan Varians Portofolio 1 ..... 56
**Tabel 4.11** Ekspetasi dan Varians Portofolio 2 dan 3 ..... 56
**Tabel 4.12** Varians-Kovarians *Return* Saham Portofolio 1 ..... 57
**Tabel 4.13** Varians-Kovarians *Return* Saham Portofolio 2 dan 3 ..... 58
**Tabel 4.14** Bobot Saham Portofolio 1 ..... 59
**Tabel 4.15** Bobot Saham Portofolio 2 dan 3 ..... 60
**Tabel 4.16** Alokasi Dana Portofolio 1 ..... 60
**Tabel 4.17** Alokasi Dana Portofolio 2 dan 3 ..... 61
**Tabel 4.18** Ekspetasi *Return* Portofolio 1 ..... 63
**Tabel 4.19** Ekspetasi *Return* Portofolio 2 dan 3 ..... 63
**Tabel 4.20** Hasil Analisis ..... 65

# DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1**. Daftar 45 Saham LQ45 ..... 76
**Lampiran 2.** Data Harga Penutupan Saham LQ45 Periode Agustus 2023 – Juli 2024 ..... 78
**Lampiran 3.** *Return* Saham LQ45 ..... 79
**Lampiran 4.** Ekspetasi *Return* Saham LQ45 ..... 80
**Lampiran 5.** Matriks Jarak *Dynamic Time Warping* ..... 81

# DAFTAR SIMBOL

| | | |
|---|---|---|
| $x_i$ | : | Saham ke- $i$ dengan $i = 1, 2, \ldots, n$ |
| $t$ | : | Banyaknya waktu pada pengamatan dengan $t = 1, 2, \ldots, n_t$ |
| $R_{x_i(t)}$ | : | *Return* saham ke-$i$ pada periode $t$ |
| $P_{x_i(t)}$ | : | Harga penutupan saham ke-$i$ pada periode $t$ |
| $P_{x_i(t-1)}$ | : | Harga penutupan saham ke-$i$ pada periode $t-1$ |
| $E(R_{x_i})$ | : | Ekspetasi *return* saham ke-$i$ |
| $n$ | : | Jumlah saham dalam pengamatan |
| $\sigma_{x_i}^2$ | : | Varians *return* saham ke-$i$ |
| $\sigma_{x_i}$ | : | Standar deviasi atau risiko saham ke-$i$ |
| $s_{x_i,x_j}$ | : | Kovarians antara saham ke-$i$ dan saham ke-$j$ |
| $\boldsymbol{C_{g\times h}}$ | : | Matriks Jarak *Dynamic Time Warping* berukuran $g \times h$ |
| $c_{g,h}$ | : | Elemen pada baris ke-$g$ dan kolom ke-$h$ dari matriks $\boldsymbol{C}$ |
| $\boldsymbol{C}^T$ | : | Matriks transpos dari $\boldsymbol{C}$ |
| $v_{x_i,x_j}$ | : | Selisih antara saham ke-$i$ dan saham ke-$j$ pada periode $t$ |
| $DTW(x_i, x_j)$ | : | Jarak DTW antara saham ke-$i$ dan saham ke-$j$ |
| $a(x_i)$ | : | Rata-rata jarak saham ke-$i$ ke semua saham yang berada di dalam satu *cluster* |
| $n_k$ | : | Jumlah saham pada *cluster* ke-$k$ dengan $k = 1, 2, \ldots, K$ |
| $d(x_{i;k}, x_{j;k})$ | : | Jarak saham ke-$i$ dengan saham ke-$j$ dalam satu *cluster* |
| $b_{x_i}$ | : | Rata-rata jarak saham ke-$i$ ke seluruh saham yang berada pada *cluster* yang berbeda dengan nilai terkecil |
| $d_{i(k)}$ | : | Jarak saham ke-$i$ ke seluruh saham yang berada pada *cluster* $k$ yang berbeda |
| $d(x_{i;k}, x_{j;u})$ | : | Jarak saham ke-$i$ dengan saham ke-$j$ pada *cluster* lainnya |
| $SC_1(x_i)$ | : | Nilai koefisien *silhouette* saham ke-$i$ pada *cluster* |
| $SC_{2(k)}$ | : | Rata-rata nilai koefisien *silhouette* pada *cluster* |
| $SC$ | : | Nilai koefisien *silhouette* |
| $E(R_p)$ | : | Ekspetasi *return* portofolio |
| $w_{x_i}$ | : | Bobot proporsi dari saham ke-$i$ dalam portofolio |

| | | |
|---|---|---|
| $w_{x_j}$ | : | Bobot proporsi saham ke-$j$ dalam portofolio |
| $R_p$ | : | *Return* portofolio |
| $n_p$ | : | Jumlah total saham dalam portofolio |
| $\sigma_p^2$ | : | Varians dari *return* portofolio |
| $E[R_p - E(R_p)]^2$ | : | Ekspetasi dari kuadrat selisih antara *return* portofolio dan ekspetasi *return* portofolio |
| $w^T$ | : | Transpos dari vektor bobot |
| $\boldsymbol{r}$ | : | Vektor *return* dari saham-saham dalam portofolio |
| $\boldsymbol{\Sigma}$ | : | Matriks varians-kovarians dari *return* saham-saham dalam portofolio |
| $\lambda$ | : | Faktor pengali *Lagrange* |
| $\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$ | : | Invers matriks varians-kovarians |

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pasar modal merupakan sistem keuangan yang terstruktur dan terorganisir. Istilah ini telah lama dikenal luas dalam dunia keuangan (Yasin et al., 2014). Pasar modal berperan penting dalam memberikan manfaat kepada berbagai pihak, termasuk sektor usaha, investor, lembaga pendukung pasar modal, serta pemerintah. Kementerian Keuangan Republik Indonesia menunjukkan peran penting pasar modal dengan mengeluarkan peraturan pada tahun 1990 yang mendefinisikan pasar modal sebagai sistem keuangan terorganisir yang mencakup bank komersial, lembaga perantara keuangan, dan berbagai instrumen keuangan (Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor:1548/KMK.013/1990). Kebijakan ini bertujuan untuk mengoptimalkan fungsi pasar modal sebagai bagian dari strategi pengembangan ekonomi nasional.

Pasar modal mempertemukan pihak yang membutuhkan modal dan pihak yang ingin berinvestasi dalam berbagai instrumen keuangan (Ermanely et al., 2023). Saham merupakan salah satu instrumen yang populer di pasar modal (Ermiati & Sari, 2022). Kadir et al (2024) menambahkan saham menjadi instrumen populer karena memiliki potensi imbal hasil atau *return* yang menarik di masa depan. Saham juga berfungsi sebagai bukti penyertaan modal dan memberikan hak kepada pemegangnya untuk menerima penghasilan perseroan, piutang atas kekayaan perseroan, serta ikut serta dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

Setiap negara memiliki pasar modal yang berfungsi sebagai bagian dari sistem keuangan nasionalnya, termasuk Indonesia (Bia & Santoso, 2023). Bursa Efek Indonesia (BEI) berperan sebagai pengelola utama perdagangan pasar modal di Indonesia yang menyediakan berbagai indeks, termasuk Indeks LQ45. Indeks LQ45 cukup populer karena mencakup perusahaan yang dipilih berdasarkan kriteria tertentu, seperti tingkat likuiditas yang tinggi, kapitalisasi pasar yang besar, fundamental keuangan yang kuat, serta prospek pertumbuhan yang menjanjikan. Daftar saham LQ45 dalam publikasi BEI diperbarui setiap enam bulan pada awal Februari dan Agustus. Daftar ini hanya mencakup saham dengan likuiditas dan

kapitalisasi pasar yang tinggi selama dua belas bulan terakhir, dan juga mencakup 45 saham terbaik di pasar regular (Pratama et al., 2024).

Sebagai instrumen investasi, saham menawarkan peluang keuntungan yang menarik namun memiliki risiko yang cukup tinggi (Pratama, 2019). Dalam berinvestasi, investor akan berusaha mengelola dan meminimalkan risiko yang mungkin terjadi. Strategi ini dilakukan untuk mencapai hasil yang optimal dengan tingkat risiko seminim mungkin. Investor umumnya mempertimbangkan dua hal utama, yaitu pengembalian (*return*) dan risiko (*risk*). *Return* saham adalah tingkatan pengembalian jumlah saham yang di harapkan atas investasi yang dilakukan, sedangkan risiko tinggi tercermin dari ketidakpastian *return* yang akan diterima oleh investor di masa depan (Anam et al., 2021).

Diversifikasi adalah strategi untuk mengkombinasikan berbagai saham atau aset dalam investasi untuk mendapatkan *return* maksimum dengan risiko minimum, sehingga kinerja buruk dari satu aset dapat diimbangi oleh kinerja positif dari aset lainnya. Diversifikasi terbukti efektif dalam mengurangi risiko tidak sistematis, yang dapat diminimalkan dengan membentuk portofolio yang baik. Portofolio menjadi implementasi nyata dari strategi diversifikasi yang dirancang untuk menggabungkan berbagai aset keuangan guna mencapai keseimbangan antara risiko dan *return* yang optimal (Liestyowati et al., 2023).

Portofolio merupakan kombinasi beberapa sekuritas yang akan diinvestasikan dan dipegang oleh investor, baik perorangan maupun lembaga. Di pasar modal, portofolio terdiri dari kumpulan aset keuangan, seperti gabungan beberapa saham yang bertujuan membantu investor mencapai *return* optimal sekaligus mengurangi risiko. Dengan membentuk portofolio, risiko kerugian dari satu aset dapat diminimalisir karena terdapat kemungkinan aset lain mampu berkinerja baik. Investor perlu menyusun portofolio yang efisien dengan memilih instrumen yang memberikan pengembalian yang diharapkan (*expected return*) pada tingkat risiko minimum (Pratiwi et al., 2014). Portofolio yang baik memungkinkan investor untuk mengoptimalkan tingkat pengembalian dengan menentukan proporsi investasi yang tepat untuk setiap saham (Azizah & Prahutama, 2014).

Salah satu metode dalam membentuk portofolio saham adalah dengan menerapkan analisis pengelompokkan atau *cluster* (*clustering*). Analisis *cluster*

membagi data menjadi kelompok dengan karakteristik variabel yang serupa, sedangkan variabel di kelompok lain memiliki karakteristik yang berbeda (Alam Jusia et al., 2019). Terdapat dua pendekatan utama dalam analisis *cluster*, yaitu metode hirarki (*hierarchical clustering*) dan metode tak berhirarki (*non hierarchical clustering*). Pada metode hirarki, pengelompokan dimulai dengan menggabungkan variabel-variabel yang memiliki tingkat kesamaan tertinggi untuk membentuk *cluster* dengan struktur bertingkat. Sebaliknya, pada metode tak berhirarki, jumlah *cluster* yang diinginkan ditetapkan terlebih dahulu, kemudian variabel-variabel dikelompokkan tanpa mengikuti tingkatan tertentu (Imro'ah et al., 2019). Salah satu metode tak berhirarki yang banyak digunakan adalah *K-Medoids*. Berbeda dengan metode berbasis pusat lain, seperti *K-Means*, *K-Medoids* menggunakan pusat *cluster* atau nilai tengah yang disebut sebagai *medoid*, variabel nyata dalam data pada suatu *cluster* yang terpilih sebagai perwakilan dari setiap *cluster*. Apabila terdapat pencilan (*outlier*) dalam data, analisis *cluster K-Medoids* cenderung lebih tahan terhadap pencilan dibandingkan dengan *K-Means* (Gubu et al., 2021).

Meskipun umumnya analisis *cluster* dilakukan pada data *cross-section*, teknik pengelompokkan sebenarnya dapat diterapkan untuk berbagai jenis data. Data *time series* juga dapat digunakan dalam analisis *cluster* dengan algoritma yang sedikit berbeda dengan yang digunakan untuk data *cross-section*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memproses data *time series* adalah *time series clustering* (Zen et al., 2023). Analisis *time series clustering* bertujuan untuk mengelompokkan variabel berdasarkan kesamaan pola pada masing-masing *time series*, sehingga variabel dengan pola yang serupa akan membentuk *cluster* tertentu. Dalam proses ini, diperlukan pemilihan metode dan ukuran jarak yang mampu mewadahi struktur dinamis data, sehingga pola waktu yang kompleks dapat terwakili secara akurat dalam *cluster* yang dihasilkan (Munthe et al., 2019). Salah satu pendekatan dalam pengukuran jarak pada analisis *time series clustering* adalah menggunakan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW). Menurut Putri et al (2024), DTW adalah algoritma yang efektif dalam analisis *cluster time series* karena dapat menangani perbedaan kecepatan waktu dan menghasilkan nilai-nilai jalur pembengkokan optimum (*optimal warping path*) serta jarak antara dua *time series*.

DTW menawarkan metode yang lebih realistis untuk mengukur pola dalam rangkaian data waktu. Pembentukan *cluster* optimal dapat diketahui dengan menggunakan koefisien *silhouette* untuk mengukur kualitas pengelompokan data.

Dalam portofolio saham, analisis *cluster* membantu menentukan kandidat saham optimal, namun penentuan bobot portofolio memerlukan metode optimasi tambahan. Metode optimasi dalam portofolio merupakan pendekatan dalam pengelolaan investasi yang bertujuan untuk mencapai keseimbangan optimal antara risiko dan *return* (Sukardi et al., 2023). *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP) yang diperkenalkan oleh Markowitz merupakan metode optimasi untuk membentuk portofolio dengan mempertimbangkan risiko yang diukur melalui varians dan *return* investasi yang dihitung dengan rata-rata (Anugrahayu & Azmi, 2023). Risiko sendiri merupakan ketidakpastian dalam mencapai tujuan pada periode tertentu, yang dapat memberikan hasil yang menguntungkan maupun merugikan (Melkianus Albin Tabun et al., 2015). MVEP menjadi metode yang efektif untuk meminimalkan risiko sekaligus mengoptimalkan ekspektasi *return*. MVEP hanya melibatkan aset-aset berisiko dalam portofolionya, tanpa memasukkan aset bebas risiko (*risk-free asset*) (Pratama et al., 2024). Tujuan MVEP adalah menciptakan portofolio dengan varians paling rendah dari seluruh kemungkinan portofolio yang dapat dibentuk, sehingga jika varians minimum tercapai, risiko dari portofolio tersebut juga akan berada pada tingkat minimum.

Penelitian ini bertujuan membentuk portofolio saham optimal dengan menerapkan *K-Medoids* menggunakan pendekatan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW), menentukan bobot saham menggunakan *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP), serta perhitungan ekspetasi *return* dan risiko pada portofolio yang telah terbentuk. Analisis dilakukan pada data harga penutupan saham Indeks LQ45 pada periode Agustus 2023 hingga Juli 2024. Proses pembentukan *cluster* akan mengelompokkan saham-saham dengan karakteristik harga penutupan saham serupa, sehingga dapat membantu dalam penyusunan portofolio saham. Untuk memastikan bahwa pengelompokan optimal, penelitian ini menggunakan koefisien *silhouette* sebagai ukuran evaluasi (Zen et al., 2023). Koefisien *silhouette* memungkinkan pengukuran kualitas *cluster* dengan menilai seberapa baik setiap

saham dikelompokkan dalam *cluster*-nya, sehingga memberikan penjelasan mengenai pemisahan antar *cluster*.

Setelah pengelompokan, bobot portofolio akan dihitung menggunakan metode MVEP yang memungkinkan perhitungan ekspektasi *return* dan risiko berdasarkan bobot yang dihasilkan untuk setiap kelompok, memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan investasi. Dengan pendekatan ini, penelitian yang dilakukan tidak hanya memberikan panduan yang jelas dalam pemilihan saham, tetapi juga menyajikan informasi berharga bagi berbagai pihak yang berkepentingan di pasar modal, termasuk investor, analis, dan pemerintah sebagai pembuat kebijakan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan strategi investasi saham yang lebih efisien dan efektif di pasar modal yang terus berkembang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembentukan portofolio saham dalam daftar Indeks LQ45 dengan menerapkan analisis menggunakan metode *K-Medoids Clustering* dengan pendekatan jarak DTW?
2. Bagaimana perhitungan bobot portofolio saham optimal menggunakan *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP) pada saham-saham yang telah dikelompokkan?
3. Bagaimana perhitungan risiko dan ekspetasi *return* dari portofolio yang terbentuk?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Melakukan pembentukan portofolio saham dalam daftar Indeks LQ45 dengan menerapkan analisis menggunakan metode *K-Medoids Clustering* dengan pendekatan jarak DTW.
2. Melakukan perhitungan bobot portofolio saham optimal menggunakan *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP) pada saham-saham yang telah dikelompokkan.

3. Melakukan perhitungan risiko dan ekspetasi *return* dari portofolio yang terbentuk.

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk mencegah meluasnya permasalahan yang ada dan agar lebih terarah, maka dilakukan pembatasan masalah, yaitu:

1. Data yang digunakan adalah data harga penutupan saham dalam daftar Indeks LQ45 pada periode Agustus 2023 hingga Juli 2024 yang memiliki ekspetasi *return* positif, diperoleh dari *http://www/finance.yahoo.com*.
2. Analisis *time series clustering* menggunakan metode *K-Medoids* dengan pendekatan jarak DTW.
3. Pemilihan jumlah *cluster* optimum dan evaluasi pembentukan *cluster* menggunakan koefisien *silhouette*.

## 1.5 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Anugrahayu dan Azmi (2023), optimasi portofolio saham diimplementasikan dengan metode *Mean-Variance* (MV) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD) dengan teknik *K-Medoids Clustering* berbasis *Dynamic Time Warping* (DTW). DTW digunakan untuk mengukur jarak antar *time series* saham dalam indeks SRI-KEHATI pada periode Mei 2017 hingga Desember 2022, sehingga dapat mengelompokkan saham secara optimal. Metode MV dan MAD digunakan untuk mengukur risiko dan *return*, dengan temuan bahwa MAD lebih konsisten dengan memiliki kinerja portofolio dan nilai akumulasi return yang lebih besar dengan tingkat risiko yang paling minimal dibandingkan portofolio lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MAD menghasilkan portofolio optimal dengan *return* 87,836% dan risiko 2,2416%, serta memungkinkan diversifikasi yang lebih baik dan efisiensi dalam pemilihan saham.

Zen et al (2023) mengaplikasikan metode *time series clustering* dengan algoritma *K-Medoids* dan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan data harga minyak goreng periode Oktober 2017 hingga Oktober 2022. Pendekatan *K-Medoids* dipilih untuk mengatasi sensitivitas terhadap *outlier* pada metode *K-Means*, dengan variabel *medoids* sebagai pusat *cluster*. Jumlah *cluster* optimal ditentukan menggunakan

koefisien *silhouette* yang menunjukkan dua *cluster* sebagai hasil terbaik. Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa 19 provinsi tergabung dalam *cluster* dengan harga minyak goreng lebih rendah, sementara 15 provinsi lainnya berada di *cluster* dengan harga lebih tinggi. Penelitian ini menekankan efektivitas DTW sebagai pengukuran kemiripan untuk data *time series* yang bervariasi dalam panjang dan pola.

Gubu et al (2021) mengaplikasikan metode *time series clustering* dengan algoritma *K-Medoids* dan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk membentuk portofolio saham berbasis indeks LQ45. Saham-saham dikelompokkan berdasarkan kemiripan pola data *time series*, dengan DTW yang memungkinkan identifikasi pola meskipun terdapat variasi panjang atau pola. Dalam penelitian ini, setiap *cluster* diwakili oleh saham dengan *sharpe ratio* tertinggi untuk memastikan performa optimal portofolio. Metode portofolio yang digunakan meliputi *Mean-Variance* (MV) klasik, metode *robust Fast Minimum Covariance Determinant* (FMCD), dan metode S *robust*. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi *K-Medoids* dengan model MV klasik menghasilkan *sharpe ratio* terbaik, yaitu $0{,}115$ pada $\gamma = 0{,}5$, lebih baik dari model *robust* lainnya. Hasil pembentukan dengan *K-Medoids* pada data LQ45 tersebar ke dalam enam *cluster* dengan jumlah anggota masing-masing *cluster* cukup variatif. *Cluster* 1 terdiri dari 10 saham, *cluster* 2 terdiri 19 saham, *cluster* 3 terdiri dari 11 saham, *cluster* 4 terdiri dari 3 saham, sedangkan *cluster* 5 dan *cluster* 6 masing masing beranggotakan 1.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Pratama et al (2024) yang mengkaji tentang pembentukan portofolio menggunakan metode *K-Means Clustering* dan *Mean-Variance Efficient Portfolio* (MVEP). Data yang dianalisis adalah harga penutupan dari 11 saham di indeks LQ45 pada periode 3 Januari 2022 hingga 3 Januari 2023. Hasil analisis ini menghasilkan dua portofolio. Portofolio pertama terdiri dari saham BMRI, INCO, INDF, INTP, dan SMGR dengan bobot masing-masing 22,17%, 10,11%, 49,76%, 18,75%, dan -1,36% (menunjukkan adanya *short sale*). Portofolio kedua terdiri dari saham ADRO, ANTM, BBRI, ERAA, dan UNVR dengan bobot masing-masing 7,08%, 9,62%, 34,05%, 24,80%, dan 24,45%. Varians portofolio pertama adalah 0,000080, sedangkan varians portofolio kedua

sebesar 0,000137. Hasil ini menunjukkan bahwa risiko portofolio pertama lebih rendah dibandingkan portofolio kedua.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Metode dalam penelitian ini berupa studi literatur yang dilakukan dengan mencari teori-teori pendukung mengenai analisis *K-Medoids* dan MVEP melalui buku dan jurnal.

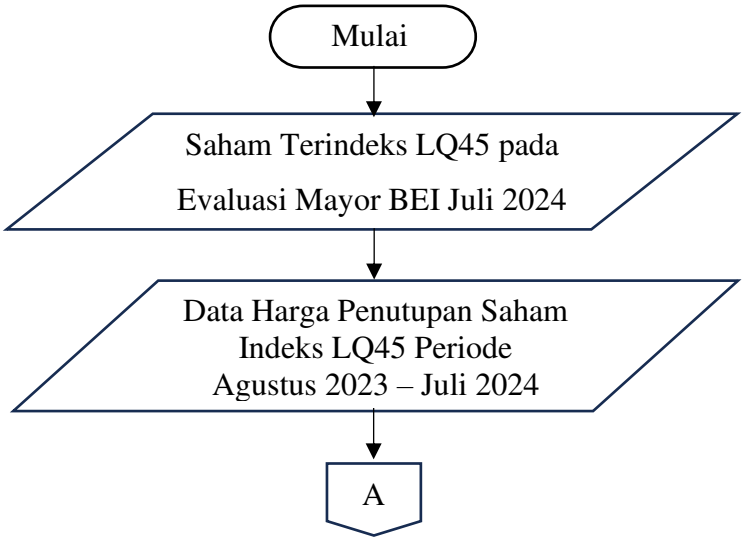
Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi kasus, menggunakan data sekunder berupa harga penutupan saham periode Agustus 2023 hingga Juli 2024 (tidak termasuk hari libur/*non trading days*) dalam daftar Indeks LQ45 yang di publikasi BEI pada evaluasi mayor Juli 2024 yaitu sebanyak 238 hari. Adapun sumber data diperoleh dari *Yahoo Finance* pada *website http://www/finance.yahoo.com* dan diolah menggunakan perangkat lunak RStudio 4.4.1 dan Microsoft Excel. Tahapan penelitian ini disusun berdasarkan proses analisis *time series clustering* menggunakan metode *K-Medoids* dengan pendekatan jarak DTW, serta pembobotan portofolio saham optimal menggunakan pendekatan MVEP.

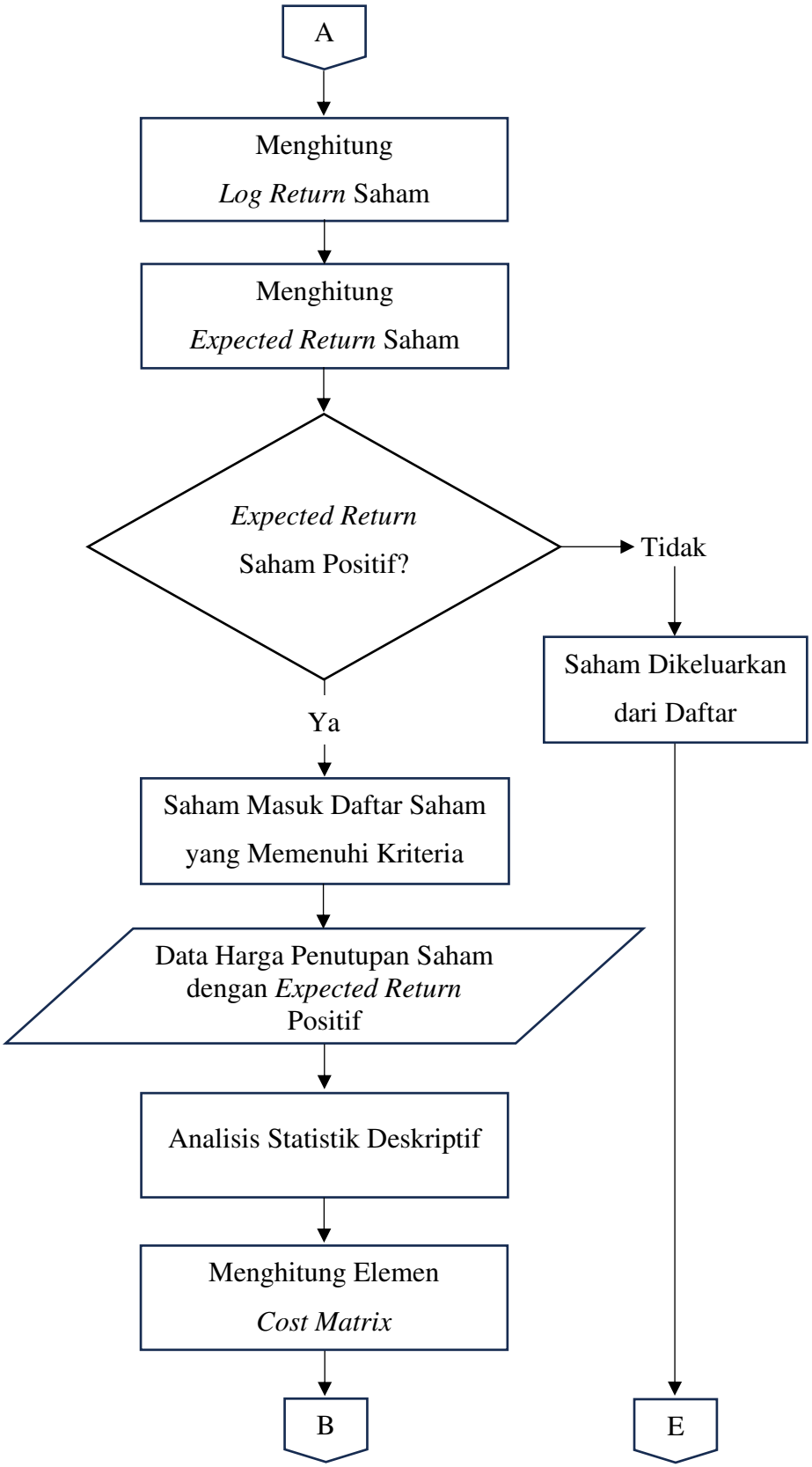
Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

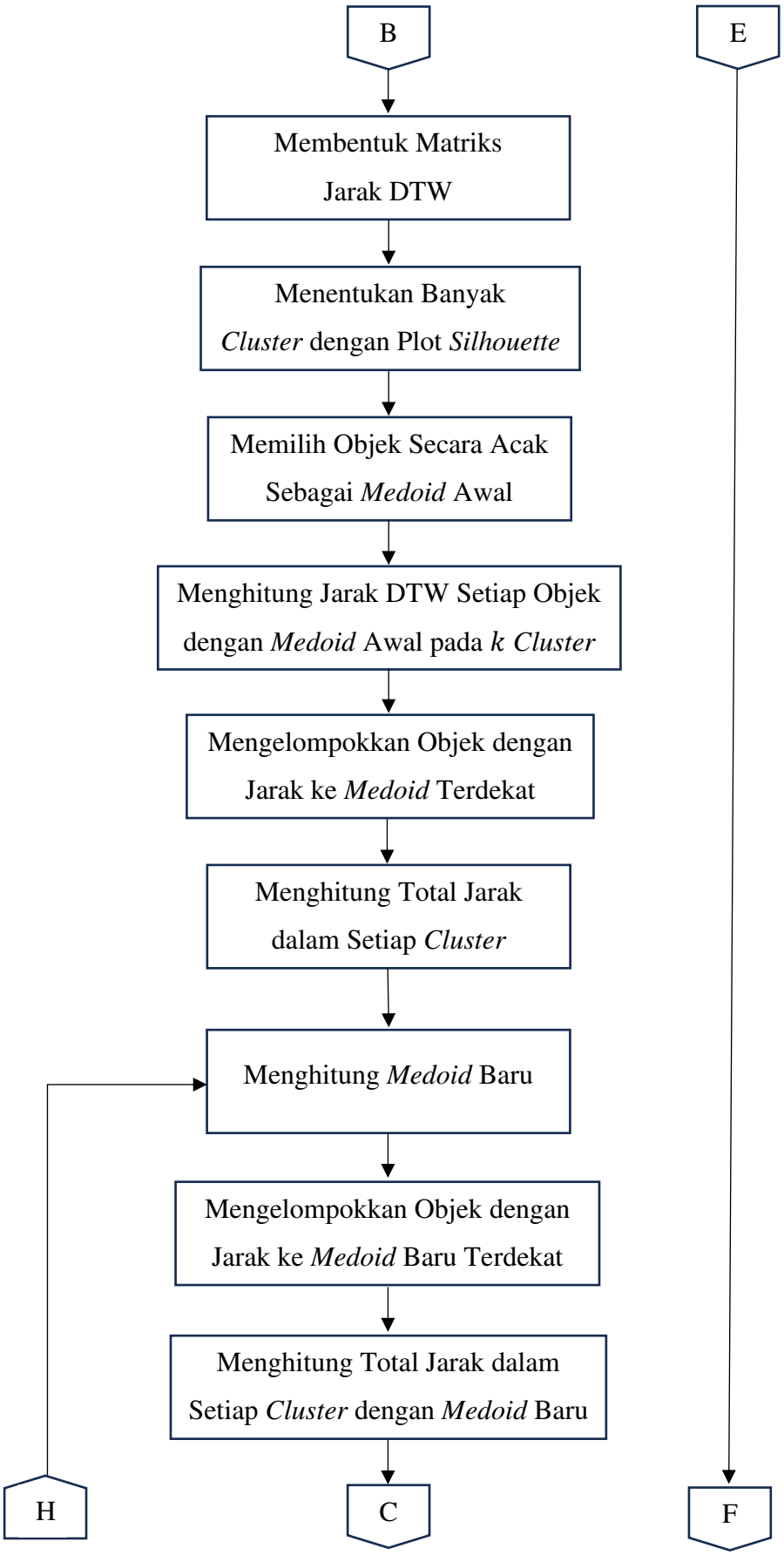
1. Melakukan pengumpulan data.
2. Menghitung *return* logaritmik (*log return*) pada harga penutupan saham untuk setiap saham dalam daftar LQ45, guna memperoleh data yang akan dianalisis lebih lanjut.
3. Melakukan perhitungan ekspetasi *return* saham dengan menghitung nilai rata-rata dari *log return*. Saham yang memiliki kriteria ekspetasi *return* positif akan dipilih sebagai kandidat untuk pembentukan portofolio.
4. Melakukan analisis deskriptif pada data harga penutupan saham yang memenuhi kriteria. Data harga penutupan saham tidak dilakukan standarisasi karena telah memiliki satuan yang sama yaitu satuan ribu rupiah.
5. Menghitung elemen *cost matrix* berbasis DTW untuk seluruh saham, menghasilkan matriks jarak ($n \times n$) untuk algoritma *K-Medoids*.
6. Menentukan banyak *cluster* $k$ dengan pendekatan *silhouette*.

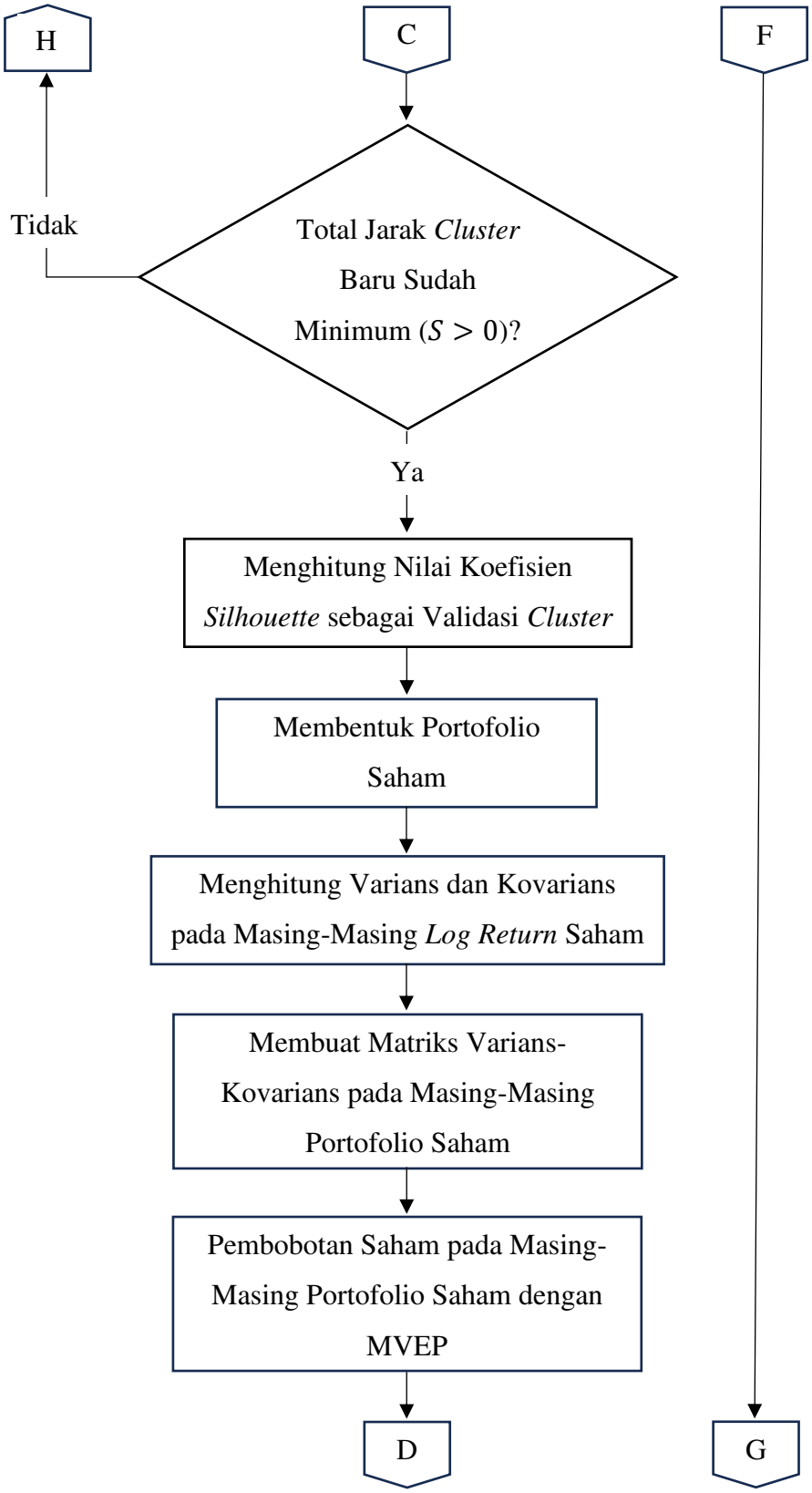
7. Menggunakan algoritma *K-Medoids* untuk pengelompokan saham berdasarkan jarak DTW. Langkah ini meliputi:
   a. Memilih variabel secara acak sebagai *medoid* awal.
   b. Menghitung jarak DTW setiap variabel dengan *medoid* awal pada masing-masing *k*.
   c. Mengelompokkan setiap variabel ke *medoid* terdekat berdasarkan jarak DTW untuk memperoleh hasil *cluster* awal.
   d. Menghitung total jarak dalam setiap *cluster* untuk menentukan *medoid* baru.
   e. Mengulangi proses hingga *medoid* stabil.
   f. Algoritma ini dihentikan ketika jarak minimum *cluster* keseluruhan sudah bernilai minimum, dan *cluster* akhir terbentuk.
8. Menentukan nilai koefisien *silhouette* untuk validasi kekuatan struktur *cluster* yang terbentuk.
9. Membentuk portofolio saham dari hasil *cluster*.
10. Menghitung varians dan kovarians pada masing-masing *return* saham.
11. Membuat matriks varians-kovarians pada masing-masing portofolio saham.
12. Melakukan pembobotan saham pada masing-masing portofolio berdasarkan pendekatan MVEP.
13. Menghitung ekspetasi *return* portofolio saham.
14. Menghitung risiko pada portofolio saham.
15. Interpretasi portofolio optimal berdasarkan hasil analisis.
16. Selesai.

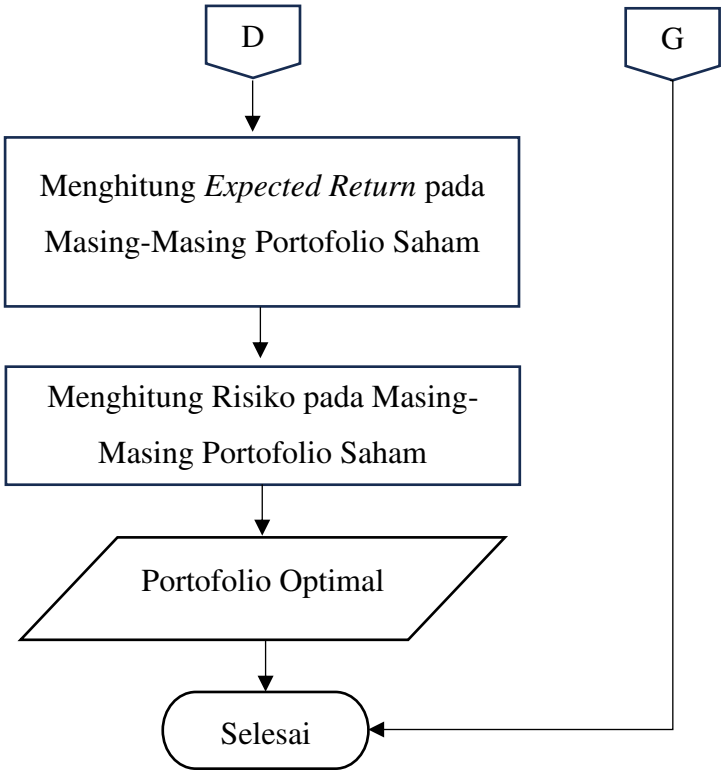
Alur penelitian ini disajikan dalam *flowchart* pada Gambar1.1.




A
Menghitung
*Log Return* Saham
Menghitung
*Expected Return* Saham
*Expected Return*
Saham Positif?
Tidak
Saham Dikeluarkan
dari Daftar
Ya
Saham Masuk Daftar Saham
yang Memenuhi Kriteria
Data Harga Penutupan Saham
dengan *Expected Return*
Positif
Analisis Statistik Deskriptif
Menghitung Elemen
*Cost Matrix*
B
E


B
Membentuk Matriks Jarak DTW
Menentukan Banyak *Cluster* dengan Plot *Silhouette*
Memilih Objek Secara Acak Sebagai *Medoid* Awal
Menghitung Jarak DTW Setiap Objek dengan *Medoid* Awal pada *k Cluster*
Mengelompokkan Objek dengan Jarak ke *Medoid* Terdekat
Menghitung Total Jarak dalam Setiap *Cluster*
Menghitung *Medoid* Baru
Mengelompokkan Objek dengan Jarak ke *Medoid* Baru Terdekat
Menghitung Total Jarak dalam Setiap *Cluster* dengan *Medoid* Baru
H
C
E
F


H
C
F
Tidak
Total Jarak *Cluster* Baru Sudah Minimum ($S > 0$)?
Ya
Menghitung Nilai Koefisien *Silhouette* sebagai Validasi *Cluster*
Membentuk Portofolio Saham
Menghitung Varians dan Kovarians pada Masing-Masing *Log Return* Saham
Membuat Matriks Varians-Kovarians pada Masing-Masing Portofolio Saham
Pembobotan Saham pada Masing-Masing Portofolio Saham dengan MVEP
D
G




**Gambar 1.1** *Flowchart* Penelitian