

LAPORAN SKRIPSI

**KLASTERING *TIME SERIES K-MEDOIDS* UNTUK PEMBENTUKAN
PORTOFOLIO *ROBUST***

(Studi Kasus: Saham yang Terdaftar di *Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)*)

Periode 2019 – 2024)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
NADHIFA NUR FATIMAH
SUNAN KALIJAGA
NIM. 21106010065
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026

SKRIPSI

**KLASTERING *TIME SERIES K-MEDOIDS* UNTUK PEMBENTUKAN
PORTOFOLIO *ROBUST***

(Studi Kasus: Saham yang Terdaftar di *Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)*
Periode 2019 – 2024)

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat
Sarjana Ilmu Komputer dan Sarjana Sains Ilmu Matematika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
NADHIFA NUR FATIMAH
SUNAN KALIJAGA
NIM. 21106010065
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/RO

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nadhifa Nur Fatimah

NIM : 21106010065

Judul Skripsi : *Klastering Time Series K-Medoids* untuk Pembentukan Portofolio *Robust*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 2 Februari 2026

Pembimbing I

Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.

NIP. 19750912 200801 2 015

Pembimbing II

Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si.

NIP. 19910111 201903 2 018

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-494/Un.02/DST/PP.00.9/03/2026

Tugas Akhir dengan judul : KLASTERING TIME SERIES K-MEDOIDS UNTUK PEMBENTUKAN PORTOFOLIO ROBUST (Studi Kasus: Saham yang Terdaftar di Jakarta Islamic Index 70 (JII 70) Periode 2019 - 2024)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NADHIFA NUR FATIMAH
Nomor Induk Mahasiswa : 21106010065
Telah diujikan pada : Jumat, 06 Februari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

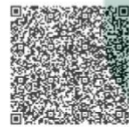
dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 69a8de53ae6bb



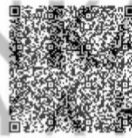
Penguji I
Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69a7b617a1b2d



Penguji II
Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69a53c3a77161



Yogyakarta, 06 Februari 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 69a92a41045ce

HALAMAN PERNYATAAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nadhifa Nur Fatimah

NIM : 21106010065

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 3 Februari 2026



Nadhifa Nur Fatimah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada diri saya sendiri sebagai tanda apresiasi atas perjuangan dan usaha selama ini, kedua orang tua tercinta, keluarga, serta sahabat-sahabat saya yang senantiasa memberikan doa dan dukungan, dan juga kepada almamater saya Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.



HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dengan sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap” (QS Al-Insyirah: 6 – 8)



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji dan syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, nikmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Klastering *Time Series K-Medoids* untuk Pembentukan Portofolio *Robust* (Studi Kasus: Saham yang Terdaftar di *Jakarta Islamic Index 70* (JII 70) Periode 2019 – 2024)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana pada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan seluruh umat manusia sepanjang masa.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari doa, bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D., selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan Dosen Pembimbing Skripsi I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Pipit Pratiwi Rahayu, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Penasihat Akademik Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu selama dibangku perkuliahan.

7. Kedua orang tua tercinta, atas doa, kasih sayang, dan dukungan moral dan materiil tiada henti.
8. Sepupu saya, Sekar, atas dukungan materiil berupa laptop sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini tanpa terkendala.
9. Tante saya, Tante Isah, atas dukungan berupa kiriman-kiriman makanan sebagai penyemangat selama penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman Matematika 2021, terutama Asti, Edia, Ade, Yun, dan Dzahabiyah, yang telah kebersamai selama perkuliahan ini.
11. Teman-teman KKN 114 Temon Gunung Kidul, atas kerja sama, kenangan, dan pengalaman selama masa pengabdian.
12. Seluruh pihak, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyusunan skripsi ini.

Yogyakarta, 3 Februari 2025



Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR..... | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| HALAMAN MOTTO | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| DAFTAR SIMBOL..... | xvii |
| INTISARI..... | xviii |
| ABSTRACT..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Batasan Masalah | 4 |
| 1.3 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.6 Tinjauan Pustaka | 6 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 10 |
| BAB II LANDASAN TEORI..... | 12 |
| 2.1 Vektor..... | 12 |
| 2.2 Matriks | 12 |
| 2.2.1 Jenis-jenis Matriks | 13 |
| 2.2.2 Operasi Matriks | 14 |
| 2.2.3 Transpose Matriks..... | 15 |
| 2.2.4 Determinan Matriks | 16 |
| 2.2.5 Invers Matriks | 16 |
| 2.3 Pengali Lagrange..... | 16 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3.1 | Satu Pengali Lagrange | 16 |
| 2.3.2 | Lebih dari Satu Pengali Lagrange | 17 |
| 2.4 | Variabel Acak | 17 |
| 2.5 | Distribusi Peluang | 18 |
| 2.6 | Ekspektasi | 19 |
| 2.7 | Mean dan Variansi | 19 |
| 2.8 | Kovariansi dan Korelasi | 20 |
| 2.9 | Analisis Multivariat..... | 21 |
| 2.10 | Data Multivariat | 22 |
| 2.11 | Vektor <i>Mean</i> dan Matriks Kovariansi..... | 23 |
| 2.12 | Distribusi Normal..... | 24 |
| 2.13 | <i>Outlier</i> | 25 |
| 2.14 | Analisis <i>Cluster</i> | 26 |
| 2.14.1. | Standarisasi Data..... | 27 |
| 2.14.2. | Penentuan Jumlah <i>Cluster</i> Optimal..... | 27 |
| 2.14.3. | Ukuran Disimilaritas | 29 |
| 2.14.4. | Metode Analisis <i>Cluster</i> Hierarki | 30 |
| 2.14.5. | Metode Analisis <i>Cluster</i> Non-Hierarki | 30 |
| 2.15 | <i>Multivariate Analysis of Variance</i> (MANOVA)..... | 31 |
| 2.16 | Statistik <i>Robust</i> | 34 |
| 2.17 | Investasi | 34 |
| 2.17.1. | Bentuk Investasi | 35 |
| 2.17.2. | Tujuan Investasi..... | 35 |
| 2.17.3. | Proses Investasi..... | 35 |
| 2.17.4. | <i>Return</i> | 37 |
| 2.17.5. | Risiko | 38 |
| 2.18 | Saham..... | 39 |
| 2.18.1. | <i>Jakarta Islamic Index 70</i> (JII 70)..... | 39 |
| 2.19 | Portofolio | 40 |
| 2.19.1. | <i>Return</i> Portofolio..... | 41 |
| 2.19.2. | <i>Risiko</i> Portofolio | 41 |

| | | |
|-------------------------------------|---|----|
| 2.20 | Sharpe Ratio | 43 |
| 2.21 | Rasio Profitabilitas | 44 |
| 2.21.1. | <i>Return on Assets (ROA)</i> | 44 |
| 2.21.2. | <i>Return on Equity (ROE)</i> | 45 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 46 |
| 3.1 | Jenis dan Sumber Data | 46 |
| 3.2 | Metode Pengumpulan Data | 46 |
| 3.3 | Variabel Penelitian | 46 |
| 3.4 | Alat Pengolahan Data..... | 47 |
| 3.5 | Metode Analisis Data..... | 47 |
| 3.6 | <i>Flowchart</i> Penelitian..... | 48 |
| BAB IV PEMBAHASAN..... | | 49 |
| 4.1. | <i>Analisis Cluster Time Series K-Medoids</i> | 49 |
| 4.1.1. | <i>Analisis Cluster Time Series</i> | 49 |
| 4.1.2. | <i>Dynamic Time Warping</i> | 49 |
| 4.1.3. | <i>K-Medoids</i> | 50 |
| 4.2. | Portofolio <i>Mean-Variance</i> | 51 |
| 4.2.1. | Model Portofolio <i>Mean-Variance</i> | 51 |
| 4.3. | Estimasi <i>Robust S</i> | 55 |
| 4.4. | Estimasi <i>Robust Fast Minimum Covariance Determinant (FMCD)</i> | 56 |
| 4.5. | Model Portofolio <i>Robust Mean-Variance</i> | 57 |
| BAB V STUDI KASUS..... | | 61 |
| 5.1. | Deskripsi Data..... | 61 |
| 5.2. | Plot Pergerakan <i>Return Saham</i> | 62 |
| 5.3. | <i>Analisis Cluster Time Series K-Medoids</i> | 63 |
| 5.3.1. | Statistik Deskriptif | 63 |
| 5.3.2. | Penentuan Jumlah <i>Cluster Optimal</i> | 63 |
| 5.3.3. | <i>Analisis Cluster Time Series K-Medoids</i> | 64 |
| 5.3.4. | Karakteristik Tiap <i>Cluster</i> | 65 |
| 5.4. | Uji MANOVA..... | 65 |
| 5.4.1. | Uji Asumsi | 66 |

| | | |
|---------------------------|--|-----|
| 5.4.2. | Uji Signifikansi MANOVA | 67 |
| 5.5. | Saham Representasi <i>Cluster</i> | 68 |
| 5.6. | Uji <i>Outlier Return</i> Saham Representasi..... | 68 |
| 5.7. | Uji Normalitas <i>Return</i> Saham Representasi..... | 69 |
| 5.8. | Pembentukan Portofolio <i>Mean-Variance Robust</i> | 70 |
| 5.8.1. | Pembobotan Portofolio <i>Mean-Variance Robust</i> Estimasi S | 70 |
| 5.8.2. | Pembobotan Portofolio <i>Mean-Variance Robust</i> Estimasi FMCD | 71 |
| 5.9. | Perbandingan Kinerja Portofolio | 73 |
| BAB VI PENUTUP | | 75 |
| 6.1. | Kesimpulan | 75 |
| 6.2. | Saran..... | 76 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 77 |
| LAMPIRAN..... | | 81 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... | | 100 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka | 8 |
| Tabel 2. 1 Pengorganisasian Data | 22 |
| Tabel 5. 1 Daftar Saham..... | 61 |
| Tabel 5. 2 Statistik Deskriptif | 63 |
| Tabel 5. 3 <i>Cluster</i> Saham | 64 |
| Tabel 5. 4 Rata-rata ROA, ROE, dan <i>Return</i> Tahunan Tiap <i>Cluster</i> | 65 |
| Tabel 5. 5 Hasil Uji Normalitas Multivariat | 67 |
| Tabel 5. 6 Hasil Uji Homogenitas Matriks Kovariansi..... | 67 |
| Tabel 5. 7 Hasil Uji Signifikansi MANOVA..... | 68 |
| Tabel 5. 8 Saham-saham Representasi <i>Cluster</i> | 68 |
| Tabel 5. 9 Normalitas <i>Return</i> Saham Representasi..... | 69 |
| Tabel 5. 10 Bobot Portofolio MV <i>Robust</i> Estimasi S | 70 |
| Tabel 5. 11 Bobot Portofolio MV <i>Robust</i> Estimasi FMCD..... | 72 |
| Tabel 5. 12 <i>Expected Return</i> , Risiko, dan Sharpe Rasio Portofolio | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 <i>Boxplot</i> | 26 |
| Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Klastering <i>Time Series K-Medoids</i> untuk Pembentukan Portofolio <i>Robust</i> | 48 |
| Gambar 5. 1 Plot Pergerakan <i>Return Saham</i> | 62 |
| Gambar 5. 2 Penentuan Jumlah <i>Cluster</i> Optimal dengan <i>Silhouette Index</i> | 64 |
| Gambar 5. 3 Plot Analisis <i>Cluster Time Series K-Medoids</i> dengan Jarak DTW.. | 65 |
| Gambar 5. 4 <i>Boxplot</i> untuk Setiap Variabel per <i>Cluster</i> | 66 |
| Gambar 5. 5 Plot Uji <i>Outlier Return Saham</i> Representasi | 69 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 BI <i>Rate</i> periode 2019 – 2024 | 81 |
| Lampiran 2 Data Saham | 82 |
| Lampiran 3 Plot Pergerakan <i>Return</i> Saham | 83 |
| Lampiran 4 Data Analisis <i>Cluster Time Series K-Medoids</i> | 84 |
| Lampiran 5 Jarak <i>Dynamic Time Warping</i> | 87 |
| Lampiran 6 Penentuan Jumlah <i>Cluster</i> Optimal | 88 |
| Lampiran 7 Analisis <i>Cluster Time Series K-Medoids</i> | 88 |
| Lampiran 8 Karakteristik Tiap <i>Cluster</i> | 89 |
| Lampiran 9 Uji MANOVA | 89 |
| Lampiran 10 Saham Representasi Tiap <i>Cluster</i> | 91 |
| Lampiran 11 Uji <i>Outlier</i> | 92 |
| Lampiran 12 Uji Normalitas | 93 |
| Lampiran 13 Pembentukan Portofolio MV <i>Robust</i> Estimasi S | 94 |
| Lampiran 14 Pembentukan Portofolio MV <i>Robust</i> Estimasi FMCD | 95 |
| Lampiran 15 Kinerja Portofolio MV <i>Robust</i> Estimasi S | 97 |
| Lampiran 16 Kinerja Portofolio MV <i>Robust</i> Estimasi FMCD | 98 |

DAFTAR SIMBOL

| | |
|----------------------|---|
| n | : Jumlah data |
| R_{it} | : <i>Return</i> sekuritas i pada periode t |
| $E(R_i)$ | : <i>Expected return</i> sekuritas i |
| σ_i^2 | : Variansi sekuritas i |
| σ_i | : Standar deviasi sekuritas i |
| w_i | : Bobot atau proporsi sekuritas i |
| R_p | : <i>Return</i> realisasi portofolio |
| $E(R_p)$ | : <i>Return</i> ekspektasi portofolio |
| $\sigma_{R_p}^2$ | : Variansi portofolio |
| σ_{R_p} | : Standar deviasi portofolio |
| SR | : Sharpe Ratio |
| R_f | : <i>Return risk-free rate</i> |
| w | : Bobot atau proporsi portofolio |
| μ | : Vektor <i>mean</i> |
| Σ | : Matriks kovariansi |
| e | : Matriks kolom dengan seluruh elemennya adalah 1 |
| γ | : Parameter <i>Risk Aversion</i> |
| λ | : Pengali Lagrange |
| $\hat{\mu}$ | : Penduga vektor <i>mean</i> |
| $\hat{\Sigma}$ | : Penduga matriks kovariansi |
| $\hat{\mu}_{rob}$ | : Penduga vektor <i>mean robust</i> |
| $\hat{\Sigma}_{rob}$ | : Penduga matriks kovariansi <i>robust</i> |

INTISARI

KLASTERING *TIME SERIES K-MEDOIDS* UNTUK PEMBENTUKAN PORTOFOLIO *ROBUST*

(Studi Kasus: Saham yang Terdaftar di *Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)*
Periode 2019 – 2024)

Oleh

NADHIFA NUR FATIMAH

NIM. 21106010065

Portofolio *Mean-Variance* (MV) adalah portofolio yang didasarkan atas pendekatan Markowitz, dengan tujuan memaksimalkan *expected return (mean)* dan meminimumkan ketidakpastian atau risiko (variansi) untuk memilih serta menyusun portofolio optimal. Portofolio optimal model MV sangat sensitif terhadap keberadaan *outlier*. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, digunakan estimasi *robust* untuk vektor *mean* dan matriks kovariansinya. Data penelitian ini menggunakan saham yang terdaftar di *Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)* periode 2019 – 2024. Pada tahap awal digunakan teknik *clustering time series K-Medoids* dengan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk efisiensi waktu serta biaya manajemen portofolio. Hasil analisis menunjukkan bahwa terbentuk dua *cluster*, di mana *cluster* pertama direpresentasikan oleh ADRO.JK, ITMG.JK, dan SIDO.JK, sedangkan pada *cluster* kedua direpresentasikan oleh saham TPIA.JK, ISAT.JK, dan ANTM.JK. Keenam saham representasi tersebut dibentuk portofolio MV *robust* estimasi S dan *Fast Minimum Covariance Determinant* (FMCD). Berdasarkan nilai *Sharpe Ratio*, hasil analisis kinerja saham menunjukkan bahwa kinerja portofolio MV *robust* FMCD mengungguli kinerja portofolio MV *robust* S.

Kata kunci: *Klastering Time Series, K-Medoids, Portofolio Mean-Variance, Estimasi Robust, Kinerja Portofolio*

ABSTRACT

K-MEDOIDS TIME SERIES CLUSTERING FOR ROBUST PORTFOLIO FORMATION

(Case Study: Stocks Listed on the Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)

Period 2019 – 2024)

by

NADHIFA NUR FATIMAH

NIM.21106010065

The Mean-Variance (MV) portfolio is a portfolio based on the Markowitz approach, with the aim of maximizing expected return (mean) and minimizing uncertainty or risk (variance) in order to select and compile an optimal portfolio. The optimal portfolio MV model is very sensitive to the presence of outliers. To overcome this weakness, robust estimation is used for the mean vector and its covariance matrix. The research data uses stocks listed on the Jakarta Islamic Index 70 (JII 70) for the period 2019–2024. In the initial stage, the K-Medoids time series clustering technique with Dynamic Time Warping (DTW) distance is used for time efficiency and portfolio management costs. The analysis results show that two clusters are formed, where the first cluster is represented by ADRO.JK, ITMG.JK, and SIDO.JK, while the second cluster is represented by TPIA.JK, ISAT.JK, and ANTM.JK stocks. The six representative stocks were used to form an MV robust portfolio estimated by S and Fast Minimum Covariance Determinant (FMCD). Based on the Sharpe Ratio value, the stock performance analysis results showed that the performance of the FMCD robust MV portfolio outperformed the performance of the S robust MV portfolio.

Keywords: *Time Series Clustering, K-Medoids, Mean-Variance Portfolio, Robust Estimation, Portfolio Performance*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hakikatnya investasi merupakan penempatan sejumlah uang atau dana yang dilakukan pada saat ini dengan harapan untuk memperoleh keuntungan di masa yang akan datang. Pihak-pihak yang melakukan kegiatan investasi disebut dengan investor. Menurut Halim (2005), umumnya, investasi dibedakan menjadi dua, yaitu investasi pada aset-aset riil (*real assets*) dan investasi pada aset-aset finansial (*financial assets*). Investor yang realistis, menurut Mao (1970), tidak akan melakukan investasi hanya pada satu jenis investasi, tetapi akan melakukan diversifikasi pada berbagai jenis investasi dengan harapan akan dapat meminimalkan risiko dan memaksimalkan *return*.

Investor dapat meminimalkan risiko dengan cara melakukan diversifikasi investasi. Diversifikasi investasi akan memberikan manfaat optimum jika *return* antar investasi dalam sebuah portofolio berkorelasi secara negatif. Markowitz (1952) telah membuktikan bahwa risiko berinvestasi dapat diminimalkan dengan menggabungkan beberapa aset ke dalam sebuah portofolio. Metode Markowitz menunjukkan bahwa jika aset-aset finansial dalam sebuah portofolio memiliki korelasi *return* yang kurang dari positif satu, maka risiko portofolio secara keseluruhan dapat diminimalkan. Risiko minimum akan dicapai jika korelasi *return* investasi adalah negatif sempurna.

Teori portofolio pertama kali diperkenalkan oleh Harry Markowitz, *the father of modern portfolio theory*, pada tahun 1952 yang dipublikasikan secara luas pada *Journal of Finance*. Dasar pemikiran pembentukan portofolio yang dipaparkan Markowitz yaitu “*do not put all eggs in one basket*” atau jangan menaruh seluruh telur ke dalam satu keranjang, karena jika keranjang tersebut jatuh, maka seluruh telur yang ada di dalamnya akan pecah. Dalam konteks investasi, hal tersebut dapat diartikan sebagai “jangan menginvestasikan seluruh dana atau modal yang dimiliki hanya pada satu jenis investasi, karena jika investasi tersebut gagal, maka seluruh dana atau modal yang diinvestasikan kemungkinan tidak akan kembali”. Teori portofolio Markowitz didasarkan atas pendekatan *mean* (rata-rata)

dan *variance* (variansi), di mana dalam pendekatan tersebut *mean* merupakan pengukuran tingkat *return* dan variansi merupakan pengukuran tingkat risiko. Oleh karena itu, teori portofolio Markowitz ini dikenal juga sebagai *Mean-Variance model*, yang menekankan pada usaha memaksimalkan *expected return (mean)* dan meminimumkan ketidakpastian atau risiko (variansi) untuk memilih serta menyusun portofolio optimal (Tandelilin, 2010).

Masalah utama dari model portofolio MV adalah bahwa data dengan volatilitas yang tinggi harus digunakan untuk mengestimasi vektor *mean* dan matriks kovariansi. Estimasi parameter dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai pilihan teknik estimasi, di mana hal ini kemungkinan besar akan mengakibatkan kesalahan estimasi (*estimation error*). Sebagai *input* yang sangat penting dalam pembentukan portofolio model MV, kesalahan estimasi secara signifikan dapat mempengaruhi hasil dari pembentukan portofolio optimal. Oleh karena itu, sejumlah peneliti telah mengembangkan sebuah portofolio *robust*, yaitu portofolio yang dirancang untuk dapat meminimalkan kesalahan dalam estimasi vektor *mean* dan matriks kovariansi pada portofolio model MV. Salah satu pendekatan standar dalam pembentukan portofolio *robust* optimal adalah melalui pendekatan estimasi *robust*. Pada penelitian ini akan digunakan estimasi S dan *Fast Minimum Covariance Determinant* (FMCD). Hal tersebut karena kedua estimasi tersebut memiliki *breakdown point* atau ukuran ketahanan estimator terhadap *outlier* dalam data yang tinggi. Semakin tinggi *breakdown point*, semakin *robust* estimator tersebut terhadap *outlier* (Supandi et al., 2014).

Seiring berjalannya dunia pasar modal yang terus berkembang dan adanya tuntutan para investor yang mengharapkan keefisienan waktu serta biaya dalam manajemen portofolio, selama beberapa tahun terakhir muncul gagasan untuk menggunakan analisis *cluster* sebagai langkah awal dalam pembentukan portofolio. Analisis *cluster* merupakan teknik untuk menempatkan sejumlah objek ke dalam beberapa kelompok (*cluster*) berdasarkan kemiripan karakteristik tertentu. Pada dasarnya, objek yang terletak dalam satu kelompok akan memiliki karakteristik yang *relative* sama (homogen) sedangkan objek antar kelompok akan memiliki karakteristik yang berbeda (Supandi dan Anggara, 2023).

Ada dua metode pengelompokan dalam analisis *cluster* yaitu analisis *cluster* hierarki dan non-hierarki. Algoritma analisis *cluster* non-hierarki yang paling umum digunakan adalah *K-Means*. Algoritma *K-Means* merupakan proses pengelompokan data menggunakan nilai *mean* sebagai pusat *cluster*. Selain itu, ada pengembangan varian dari algoritma *K-Means* yaitu algoritma *K-Medoids*. Algoritma *K-Medoids* hadir untuk mengatasi kelemahan algoritma *K-Means* yang sensitif terhadap *outlier* karena objek dengan nilai yang sangat besar dapat secara substansial menyimpang dari distribusi data.

Data yang digunakan dalam pembentukan portofolio merupakan data *time series*. Data *time series* merupakan salah satu data dinamis atau data yang terus berubah atau diperbarui secara berkala atau *real-time* seiring berjalannya waktu seperti data *closing price* saham, data fundamental perusahaan, sehingga diperlukan pengembangan analisis *cluster* yang dapat digunakan pada data multivariat *time series*. *Time series clustering* adalah salah satu jenis algoritma dalam analisis *cluster* yang digunakan untuk mengatasi data dinamis (Soleha et al., 2022). Selama berkembangnya pengelompokan pada data *time series*, banyak teknik yang dikembangkan, salah satunya adalah penggunaan jarak-jarak pengelompokan yang sesuai dengan karakteristik data runtun waktu (Liao, 2005). *Dynamic Time Warping* (DTW) adalah algoritma perhitungan jarak yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi kecepatan waktu yang berbeda pada dua data *time series* (Anugrahayu dan Azmi, 2023).

Seiring dengan meningkatnya perekonomian Islam di Indonesia, berbagai fasilitas instrumen keuangan baik dibidang perbankan ataupun non-perbankan juga terus dikembangkan. Salah satunya adalah pasar modal syariah yang menyediakan berbagai instrumen investasi dalam bentuk saham dengan menggunakan prinsip-prinsip syariah. Menurut Fatwa Dewan Syariah Nasional (DSN) Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 40/DSN–MUI/X/2003 tahun 2003 tentang Pasar Modal dan Pedoman Umum Penerapan Prinsip Syariah di Bidang Pasar Modal, mendefinisikan bahwa saham syariah adalah bukti kepemilikan atas suatu perusahaan yang memenuhi kriteria. Saham yang diperdagangkan dalam indeks syariah yaitu saham emiten atau perusahaan publik yang jenis usaha, produk

barang, jasa yang diberikan, dan akad serta cara pengelolaan perusahaan tidak bertentangan dengan prinsip-prinsip syariah. Jenis kegiatan usaha yang bertentangan dengan prinsip-prinsip syariah antara lain usaha yang terdapat perjudian di dalamnya, transaksi riba, dan memperdagangkan makanan atau minuman yang haram.

Ada tiga indeks saham syariah di Indonesia, yaitu *Jakarta Islamic Index* (JII), Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI), dan *Jakarta Islamic Index 70* (JII 70). Berdasarkan paparan di atas, peneliti akan melakukan pengelompokan saham yang terdaftar dalam JII 70 menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW). Kemudian akan dipilih saham terbaik dari setiap *cluster* yang terbentuk sebagai saham representasi menggunakan Sharpe Ratio masing-masing saham untuk membentuk portofolio optimal yang *robust*. Selanjutnya pengukuran kinerja dari portofolio optimal yang terbentuk menggunakan Sharpe Ratio. Oleh karena itu, penulis mengangkat judul “Klastering *Time Series K-Medoids* untuk Pembentukan Portofolio *Robust* (Studi Kasus: Saham yang Terdaftar di *Jakarta Islamic Index 70* Periode 2019 – 2024)”.

1.2 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan oleh peneliti sebelumnya, batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Objek penelitian yang digunakan adalah saham JII 70 periode 2019 – 2024.
2. Pengelompokan saham menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak DTW berdasarkan variabel ROA, ROE, dan *return* tahunan saham.
3. Pemilihan saham terbaik dari setiap *cluster* yang terbentuk sebagai saham representasi berdasarkan Sharpe Ratio masing-masing saham.
4. Pembentukan portofolio optimal *robust Mean-Variance* estimasi S dan FMCD.
5. Perhitungan kinerja portofolio optimal yang terbentuk menggunakan Sharpe Ratio.
6. *Software* yang digunakan dalam menganalisis data pada penelitian ini adalah *RStudio* 4.3.1.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah dijelaskan oleh peneliti sebelumnya, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana hasil pengelompokan saham JII 70 periode 2019 – 2024 menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak DTW berdasarkan ROA, ROE, dan *return* tahunan saham?
2. Apa saja saham terbaik dari setiap *cluster* yang terbentuk sebagai saham representasi berdasarkan Sharpe Ratio masing-masing saham?
3. Berapa besar nilai bobot atau proporsi masing-masing saham representasi dari portofolio optimal *robust Mean-Variance* yang terbentuk?
4. Bagaimana kinerja portofolio optimal *robust Mean-Variance* yang terbentuk berdasarkan Sharpe Ratio?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan oleh peneliti sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui hasil pengelompokan saham JII 70 periode 2019 – 2024 menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak DTW berdasarkan ROA, ROE, dan *return* tahunan saham.
2. Mengetahui saham terbaik dari setiap *cluster* yang terbentuk sebagai saham representasi berdasarkan Sharpe Ratio masing-masing saham.
3. Mengetahui besar nilai bobot atau proporsi masing-masing saham representasi dari portofolio optimal *robust Mean-Variance* yang terbentuk.
4. Mengetahui kinerja portofolio optimal *robust Mean-Variance* yang terbentuk berdasarkan Sharpe Ratio.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, maka manfaat yang dapat diharapkan adalah sebagai berikut

1. Bagi pembaca diharapkan dapat memberikan tambahan wawasan ilmu pengetahuan mengenai pembentukan portofolio saham menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak DTW.

2. Bagi investor diharapkan dapat memberikan tambahan informasi atau masukan untuk pengambilan keputusan investasi pada saham JII 70 melalui pembentukan portofolio saham menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak DTW.

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berikut yang digunakan sebagai rujukan oleh peneliti merupakan beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan tema yang diambil peneliti.

1. Jurnal yang berjudul “Pembentukan Portofolio Saham menggunakan Klastering *Time Series K-Medoids* dengan Ukuran Jarak *Dynamic Time Warping*” oleh La Gubu, Dedi Rosadi, dan Abdurakhman (2021). Peneliti dalam jurnal tersebut melakukan pengelompokan saham LQ-45 periode Agustus 2017 – Februari 2018 menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan pengukuran jarak kemiripan *Dynamic Time Warping* (DTW). Kemudian dari setiap *cluster* akan dipilih saham terbaik menggunakan Sharpe Ratio untuk membentuk portofolio optimal *Mean-Variance* klasik, portofolio optimal *robust Mean-Variance* estimasi *Scale* (S), dan *Fast Minimum Covariance Determinant* (FMCD). Selanjutnya pengukuran kinerja dari portofolio optimal yang terbentuk menggunakan Sharpe Ratio. Hasil dari penelitian ini adalah kinerja portofolio optimal MV klasik lebih unggul dari kinerja portofolio model lainnya.
2. Skripsi yang berjudul “Pembentukan Portofolio *Robust Mean-Variance* Melalui Pendekatan Analisis Klaster *K-Medoids*” oleh Alfina Viona Isabela Widiawati (2024). Peneliti dalam skripsi tersebut melakukan pengelompokan saham syariah *Jakarta Islamic Index* (JII) periode Januari 2019 – Juni 2023 menggunakan analisis *cluster K-Medoid* dengan pengukuran jarak kemiripan *Dynamic Time Warping* (DTW). Kemudian dari setiap *cluster* akan dipilih saham terbaik menggunakan Sharpe Ratio untuk membentuk portofolio optimal *robust Mean-Variance* estimasi *Scale* (S) dan *Constrained-M* (CM). Selanjutnya pengukuran kinerja dari portofolio optimal yang terbentuk menggunakan Sharpe Ratio. Hasil dari

penelitian ini adalah kinerja portofolio optimal *robust* MV estimasi CM lebih unggul dari kinerja portofolio optimal *robust* MV estimasi S.

3. Skripsi yang berjudul “Analisis *Cluster* Metode K-Means dan Ward dalam Pembentukan Portofolio *Robust*” oleh Zuva Amalina Zain (2024). Peneliti dalam skripsi tersebut melakukan pengelompokan saham syariah *Jakarta Islamic Index 70* (JII 70) periode 1 Desember 2021 – 1 Desember 2023 menggunakan analisis *cluster K-Means* dan Ward dengan pengukuran jarak kemiripan *Euclidean Distance*. Kemudian dari setiap *cluster* masing-masing metode akan dipilih saham terbaik menggunakan Sharpe Ratio untuk membentuk portofolio optimal *robust Mean-Variance* estimasi *Scale* (S). Selanjutnya pengukuran kinerja dari portofolio optimal yang terbentuk menggunakan Sharpe Ratio. Hasil dari penelitian ini adalah kinerja portofolio optimal *robust* MV estimasi S dengan metode pengelompokan Ward lebih unggul dari kinerja portofolio optimal *robust* MV estimasi S dengan metode pengelompokan *K-Means*.
4. Jurnal yang berjudul “*Stock Portfolio Optimization Using Mean-Variance and Mean Absolute Deviation Model Based On K-Medoids Clustering by Dynamic Time Warping*” oleh Mella Refina Anugrahayu dan Ulil Azmi (2023). Peneliti dalam jurnal tersebut melakukan pengelompokan saham Indeks SRI-KEHATI selama periode 1 Mei 2017 - 31 Desember 2022 menggunakan analisis *cluster K-Medoids* dengan pengukuran jarak kemiripan *Dynamic Time Warping (DTW)*. Kemudian dari setiap *cluster* akan dipilih saham terbaik menggunakan Sharpe Ratio untuk membentuk portofolio optimal *Mean-Variance* dan portofolio optimal *Mean Absolute Deviation* dengan pengestimasi risiko menggunakan metode *Expected Tail Loss (ETL)* dengan simulasi *Monte Carlo*. Selanjutnya pengukuran kinerja dari portofolio optimal yang terbentuk menggunakan Sharpe Ratio. Hasil dari penelitian ini adalah portofolio optimal MAD dengan memilih satu representasi saham terbaik dari masing-masing *cluster* dengan jumlah *cluster* optimal lima menghasilkan tingkat keuntungan dan kinerja

portofolio yang tinggi dengan tingkat risiko yang paling rendah dibandingkan portofolio lainnya.

Disajikan perbandingan keempat penelitian di atas dalam bentuk tabel berikut

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Judul | Metode Analisis Cluster | Model Portofolio | Kinerja Portofolio | Objek |
|-----|--|---|--|--|--|--|
| 1. | La Gubu, Dedi Rosadi, dan Abdurakhman (2021) | Pembentukan Portofolio Saham menggunakan Klastering <i>Time Series K-Medoid</i> dengan Ukuran Jarak <i>Dynamic Time Warping</i> | Analisis <i>Cluster Time Series K-Medoid</i> dengan jarak <i>Dynamic Time Warping</i> | <i>Mean-Variance</i> dengan Estimasi Klasik, Estimasi <i>Robust S</i> , dan FMCD | <i>Return</i> , Risiko, dan <i>Sharpe Ratio</i> | LQ-45 periode Agustus 2017 – Februari 2018 |
| 2. | Alfina Viona Isabela Widiawati (2024) | Pembentukan Portofolio <i>Robust Mean-Variance</i> Melalui Pendekatan Analisis Klaster <i>K-Medoids</i> | Analisis <i>Cluster K-Medoids</i> dengan jarak <i>Dynamic Time Warping</i> | <i>Mean-Variance</i> dengan Estimasi <i>Robust S</i> dan CM | <i>Expected Return</i> , Risiko, dan <i>Sharpe Ratio</i> | JII periode Januari 2019 – Juni 2023 |
| 3. | Zuva Amalina Zain (2024) | Analisis Cluster Metode <i>K-Means</i> dan <i>Ward</i> dalam Pembentukan Portofolio <i>Robust</i> | Analisis <i>Cluster K-Means</i> dan <i>Ward</i> dengan jarak <i>Euclidean Distance</i> | <i>Mean-Variance</i> dengan Estimasi <i>Robust S</i> | <i>Return</i> , Risiko, dan <i>Sharpe Ratio</i> | JII 70 periode 1 Desember 2021 – 1 Desember 2023 |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Judul | Metode Analisis Cluster | Model Portofolio | Kinerja Portofolio | Objek |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 4. | Mella Refina Anugrahayu dan Ulil Azmi (2023) | <i>Stock Portfolio Optimization Using Mean-Variance and Mean Absolute Deviation Model Based On K-Medoids Clustering by Dynamic Time Warping</i> | Analisis Cluster <i>K-Medoids</i> dengan jarak <i>Dynamic Time Warping</i> | <i>Mean-Variance dan Mean Absolute Deviation</i> | <i>Return, Risiko, dan Sharpe Ratio</i> | Indeks SRI-KEHATI periode 1 Mei 2017 – 31 Desember 2022 |
| 5. | Nadhifa Nur Fatimah | <i>Klastering Time Series K-Medoids untuk Pembentukan Portofolio Robust</i> | Analisis Cluster <i>Time Series K-Medoid</i> dengan jarak <i>Dynamic Time Warping</i> | <i>Mean-Variance</i> dengan Estimasi <i>Robust S</i> dan FMCD | <i>Sharpe Ratio</i> | JII 70 periode 2019 – 2024 |

Pada Tabel 1.1 disajikan persamaan dan perbedaan antara keempat penelitian di atas dengan penelitian sekarang, baik dari metode analisis *cluster*, ukuran jarak, model portofolio, penduga *robust*, penilaian kinerja portofolio, dan objek yang digunakan. Pada penelitian pertama terdapat persamaan pembentukan portofolio *robust Mean-Variance* estimasi S dan FMCD menggunakan analisis *cluster time series K-Medoid* dengan jarak *Dynamic Time Warping* di mana penilaian kinerja portofolio menggunakan Sharpe Ratio. Sedangkan perbedaannya terletak pada penggunaan estimasi klasik dan objek penelitian. Pada penelitian kedua terdapat persamaan pembentukan portofolio *Mean-Variance* estimasi S menggunakan analisis *cluster K-Medoids* dengan jarak *Dynamic Time Warping* di mana penilaian kinerja portofolio menggunakan Sharpe Ratio. Sedangkan perbedaannya terletak pada penggunaan estimasi CM dan objek penelitian.

Pada penelitian ketiga terdapat persamaan pembentukan portofolio *Mean-Variance robust* estimasi S saham JII 70 di mana penilaian kinerja portofolio menggunakan Sharpe Ratio. Sedangkan perbedaannya terletak pada penggunaan metode analisis *cluster K-Means* dan Ward dengan jarak *Euclidean Distance*. Pada penelitian keempat terdapat persamaan pembentukan portofolio *Mean-Variance* menggunakan metode analisis *cluster K-Medoids* dengan jarak *Dynamic Time Warping* di mana penilaian kinerja portofolio menggunakan Sharpe Ratio. Sedangkan perbedaannya terletak pada penggunaan estimasi *robust* dan objek penelitian.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut

1. BAB I : PENDAHULUAN

Pendahuluan meliputi latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

2. BAB II : LANDASAN TEORI

Landasan Teori meliputi definisi dan teori-teori pendukung mengenai pembentukan portofolio saham menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW).

3. BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi meliputi jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, variabel penelitian, alat pengolahan data, metode analisis data, dan *flowchart* penelitian.

4. BAB IV : PEMBAHASAN

Pembahasan meliputi analisis *cluster time series K-Medoids*, portofolio *Mean-Variance*, estimasi *robust S*, estimasi *robust FMCD*, dan model portofolio *robust Mean-Variance*.

5. BAB V : STUDI KASUS

Studi Kasus meliputi deskripsi data, plot pergerakan *return* saham, analisis *cluster time series K-Medoids*, uji MANOVA, saham representasi, uji *outlier* dan normalitas *return* saham, pembentukan portofolio *robust Mean-*

Variance, dan perbandingan kinerja portofolio optimal disertai interpretasi terhadap hasil dari penelitian yang diperoleh dengan bantuan software *RStudio*.

6. BAB VI : PENUTUP

Bab VI membahas kesimpulan dari pembahasan bab-bab sebelumnya dan saran mengenai penelitian yang dapat dilakukan di masa yang akan datang.



BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut

1. Pengelompokkan saham JII 70 periode 2019 – 2024 menggunakan analisis *cluster time series K-Medoids* dengan jarak DTW berdasarkan ROA, ROE, dan *return* tahunan saham menghasilkan 2 *cluster*. *Cluster* 1 terdiri dari 3 saham yaitu ADRO.JK, ITMG.JK, dan SIDO.JK, sedangkan *cluster* 2 terdiri dari 12 saham yaitu AKRA.JK, ANTM.JK, CTRA.JK, ERAA.JK, EXCL.JK, INCO.JK, ISAT.JK, JPFA.JK, MAPI.JK, MIKA.JK, TPIA.JK, dan UNTR.JK.
2. Pada pembentukan portofolio optimal *Mean-Variance*, dipilih 3 saham terbaik dari setiap *cluster* yang terbentuk sebagai saham representasi berdasarkan Sharpe Ratio masing-masing saham. Pada *cluster* 1 direpresentasikan oleh saham ADRO.JK, ITMG.JK, dan SIDO.JK yang mempunyai Sharpe Ratio tertinggi berturut-turut adalah 0.112, 0.065, dan 0.051, dan saham TPIA.JK, ISAT.JK, dan ANTM.JK merepresentasikan *cluster* 2 dengan Sharpe Ratio tertinggi berturut-turut adalah 0.180, 0.177, dan 0.105.
3. Nilai bobot atau proporsi masing-masing saham portofolio optimal *Mean-Variance robust* estimasi S adalah sebagai berikut

| γ | ADRO.JK | ITMG.JK | SIDO.JK | TPIA.JK | ISAT.JK | ANTM.JK |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.5 | 3.7526 | -1.2042 | -0.9675 | 0.3145 | 0.0269 | -0.9223 |
| 1 | 1.9635 | -0.5667 | -0.2909 | 0.2425 | 0.0760 | -0.4245 |
| 2 | 1.0690 | -0.2480 | 0.0475 | 0.2065 | 0.1006 | -0.1756 |
| 5 | 0.5323 | -0.0568 | 0.2505 | 0.1849 | 0.1153 | -0.0262 |
| 10 | 0.3534 | 0.0070 | 0.3181 | 0.1777 | 0.1202 | 0.0236 |
| 20 | 0.2640 | 0.0388 | 0.3520 | 0.1741 | 0.1226 | 0.0485 |
| 50 | 0.2103 | 0.0580 | 0.3722 | 0.1720 | 0.1241 | 0.0634 |

| | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 100 | 0.1924 | 0.0643 | 0.3790 | 0.1712 | 0.1246 | 0.0684 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

Nilai bobot atau proporsi masing-masing saham portofolio optimal *Mean-Variance robust* estimasi FMCD

| γ | ADRO.JK | ITMG.JK | SIDO.JK | TPIA.JK | ISAT.JK | ANTM.JK |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.5 | 6.2310 | -3.6935 | -1.7553 | 0.6414 | 1.2554 | -1.6790 |
| 1 | 3.2263 | -1.8360 | -0.7765 | 0.4047 | 0.7682 | -0.7866 |
| 2 | 1.7239 | -0.9073 | -0.2870 | 0.2863 | 0.5245 | -0.3404 |
| 5 | 0.8225 | -0.3500 | 0.0066 | 0.2153 | 0.3784 | -0.0727 |
| 10 | 0.5220 | -0.1643 | 0.1045 | 0.1916 | 0.3296 | 0.0165 |
| 20 | 0.3718 | -0.0714 | 0.1534 | 0.1798 | 0.3053 | 0.0611 |
| 50 | 0.2816 | -0.0157 | 0.1828 | 0.1727 | 0.2907 | 0.0879 |
| 100 | 0.2516 | 0.0029 | 0.1926 | 0.1703 | 0.2858 | 0.0968 |

4. Kinerja model portofolio MV_{FMCD} mengungguli kinerja model portofolio MV_S berdasarkan Sharpe Ratio di seluruh nilai *risk aversion* γ yang digunakan pada penelitian ini.

6.2. Saran

Berdasarkan analisis dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, peneliti memberikan beberapa saran yaitu sebagai berikut

1. Bagi investor, dapat melakukan investasi saham ADRO.JK, ITMG.JK, SIDO.JK, TPIA.JK, ISAT.JK, dan ANTM.JK menggunakan model portofolio MV_{FMCD} dengan *risk aversion* sebesar 10.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk membangun dan membandingkan kinerja portofolio berdasarkan hasil dari masing-masing *cluster* yang terbentuk. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perbedaan karakteristik variabel pada setiap *cluster* yang terbentuk.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menghilangkan asumsi *short selling* dalam optimasi portofolio saham JII 70. Dengan demikian lebih sesuai dengan prinsip pasar modal syariah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H. & Rorres, C. (2004). *Dasar-dasar Aljabar Linear* (7th ed.). Jakarta: Erlangga.*
- Anton, H. & Rorres, C. (2014). *Elementary Linear Algebra: Applications Version* (11th ed.). Canada: Anton Textbooks, Inc.
- Anugrahayu, M. R. & Azmi, U. (2023). Stock Portfolio Optimization Using Mean-Variance and Mean Absolute Deviation Model Based On K-Medoids Clustering by Dynamic Time Warping. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 20(1), 164 – 183.
- Bain, L. J. & Engelhardt, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics* (2nd ed.). California: Duxbury Press.
- Barnett, V. & Lewis, T. (1981). *Outliers in Statistical Data*. John Wiley & Sons.
- Darmadji, T. & Fakhruddin, H. M. (2011). *Pasar Modal Di Indonesia*. (3rd ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Davies, P. L. (1987). Asymptotic Behaviour of S-Estimates of Multivariate Location Parameters and Dispersion Matrices. *The Annals of Statistics*, 15(3), 1269 – 1292.
- Fahmi, I. & Hadi, Y. L. (2009). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Bandung: Alfabeta.
- Gubu, L., Cahyono, E., Arman, A., Budiman, H., & Djafar, M. K. (2024). Optimasi Portofolio Mean-Variance dengan Analisis Kluster Fuzzy C-Means. *Jurnal Gaussian*, 12(4), 593 – 604.
- Gubu, L., Rosadi, D., & Abdurakhman, A. (2021). Pembentukan Portofolio Saham Menggunakan Klastering Time Series K-Medoid dengan Ukuran Jarak Dynamic Time Warping. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 13(2), 35 – 46.
- Han, J. & Kamber, M. (2006). *Data Mining Concept and Techniques* (2nd ed.).
- Halim. (2005). *Analisis Investasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Hardin, J. S. (2000). Multivariate Outlier Detection and Robust Clustering with Minimum Covariance Determinant Estimation and S-estimation. *Disertasi*, University of California, California.

- Hartono, J. (2017). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi* (11th ed.). Yogyakarta: BPFE.
- Huber, R. J. (1981). *Robust statistics*. New York: Wiley.
- Husnan, S. (2002). *Dasar-dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas* (3rd ed.). Yogyakarta: UPP AMP YKPN.
- Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (6th ed.). New York: Pearson Prentice Hall.
- Liao, T. W. (2005). Clustering of time series data a–survey. *Pattern Recognition Society*, 38(11), 1857 – 1874.
- Lopuhaa, H. P. (1989). On the Relation between S-Estimators and M-Estimators of Multivariate Location and Covariance. *The Annals of Statistics*, 17(4), 1662 – 1683.
- Mao, J. C. (1970). Essentials of Portfolio Diversification Strategy. *Journal of Finance*, 25(5), 1109 – 1121.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77 – 91.
- Maronna, R. A., Martin, R., and Yohai, V. J. (2006). *Robust Statistics: Theory and Methods*. John Wiley & Sons.
- Munthe, A. D. (2019). Penerapan Clustering Time Series untuk Menggerombolkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Nilai Produksi Padi. *Jurnal Litbang Sukowati*, 2(2), 1 – 11.
- Niennattrakul, V. & Ratanamahatana, C. A. (2007). On Clustering Multimedia Time Series Data Using K-Means and Dynamic Time Warping. *International Conference Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 7, 733 – 738.
- Nurhaswinda, Pratasya, M. P., Nada, L. Q., Nanda, R. T., Neftihana, Harnida, S., Pratiwi, U., Mauluddin, A., Taskia, S., & Alpenita, V. (2025). Penelitian Korelasi. *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 4(2), 2644 – 2655.
- Purcell, E. J. & Varberg, D. (1987). *Kalkulus dan Geometri Analisis*. Jakarta: Erlangga.

- Purnomo., Sutadji, E., Utomo, W., Purnawirawan, O., Farich, R., Sulistianingsih, A. S., Fajarwati, R., Carina, A., & Gilang, N.R. (2022). *Analisis Data Multivariat*. Banyumas: Omera Pustaka.
- Rousseeuw, P. J. & Yohai, V. (1984). Robust Regression by Means of S Estimators. *Lecture Notes in Statistics: Robust and Nonlinear Time Series Analysis*, 26, 256 – 272.
- Rousseeuw, P. & Driessen, K. V. 1999. Fast Algorithm For Minimum Covariance Determinant Estimator. *Technometrics*, 41(3), 212 – 223.
- Santoso, S. (2002). *Buku Latihan SPSS Statistik Multivariat*. Jakarta: PT Elex Komputindo.
- Santoso, S. (2012). *Aplikasi SPSS pada Statistik Multivariat*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Sharpe, W. F. (1994). The Sharpe Rasio. *The Journal of Portfolio Management*, 21, 49 – 58.
- Simamora, B. (2005). *Analisis Multivariat Pemasaran* (1st ed.). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Soleha, H. A., Nurmayanti, W. P., Hidayaturrohman, U., Hirzi, R. H., & Septiani, A. (2022). Penerapan Clustering Time Series pada Pengelompokan Provinsi di Indonesia (Studi Kasus : Nilai Ekspor Non Migas di Indonesia Tahun 2016-2020). *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, 15(2), 286 – 291.
- Staudte, R. G. and Sheather, S. J. (1990). *Robust Estimation and Testing*. John Wiley and Sons Inc.
- Sudana, I. M. (2019). *Manajemen Keuangan Perusahaan Teori dan Praktik*. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sunariyah. (2011). *Pengantar Pengetahuan Pasar Modal* (6th ed.). Yogyakarta: UPP STIM YKPN.

- Supandi, E. D., Rosadi, D., & Abdurakhman. (2014). Penerapan Estimasi Fast-Mcd Dan Socp Dalam Pembentukan Portofolio Robust Mean-Variance. *Statistika*, 14 (1), 41 – 50.
- Supandi, E. D. (2020). *Bahan Ajar Analisis Multivariat*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Supandi, E. D., & Anggara, Y. (2023). Analisis Klaster dalam Pembentukan Portofolio Robust Mean-Variance. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 9(1), 37 – 47.
- Supranto. (2004). *Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Suyanto. (2017). *Data Mining untuk Klasifikasi dan Klasterisasi Data*. Bandung: Informatika.
- Tandelilin, E. (2010). *Portofolio dan Investasi: Teori dan Aplikasi*. (1st ed.). Yogyakarta: Kanisius.
- Triyanto, W. A. (2015). Algoritma K-Medoids untuk Penentuan Strategi Pemasaran Produk. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 6(1), 183 – 188.
- Walpole, R. E. & Raymond, H. M. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: ITB.
- Widiawati, A. V. I. (2024). Pembentukan Portofolio *Robust Mean-Variance* Melalui Pendekatan Analisis Klaster *K-Medoids*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Winston, W. L. & Goldberg, J. B. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (4th ed.). Australia: Thomson.