

**SKRIPSI**

**ANALISIS *CLUSTER* METODE K-MEANS DAN WARD DALAM  
PEMBENTUKAN PORTOFOLIO *ROBUST***

**(Studi kasus: Data saham Indeks JII 70 periode 1 Desember 2021**

**-1 Desember 2023)**



**ZUVA AMALINA ZAIN**

**20106010034**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2024**

**SKRIPSI**

**ANALISIS *CLUSTER* METODE K-MEANS DAN WARD DALAM  
PEMBENTUKAN PORTOFOLIO *ROBUST***

(Studi kasus: Data saham Indeks JII 70 periode 1 Desember 2021

-1 Desember 2023)

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



**ZUVA AMALINA ZAIN**

**20106010034**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2024**

# HALAMAN PERSETUJUAN



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 : Zuva Amalina Zain

NIM : 20106010034

Judul Skripsi : Analisis *Cluster* Metode K-Means dan Ward dalam 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, 14 Mei 2024

Pembimbing I

Noor Saif M. Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19820617 200912 1 005

Pembimbing II

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

NIP. 19750912 200801 2 015

# 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-860/Un.02/DST/PP.00.9/06/2024

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Cluster Metode K-Means dan Ward dalam Pembentukan Portofolio Robust (Studi Kasus : Harga saham index JII 70 periode 1 Desember 2021-1 Desember 2023)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ZUVA AMALINA ZAIN  
Nomor Induk Mahasiswa : 20106010034  
Telah diujikan pada : Senin, 27 Mei 2024  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D.  
SIGNED

Valid ID: 665eb9e5c50



Penguji I  
Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 665d4af89b011



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

Valid ID: 665d1f2e9fe0a



Yogyakarta, 27 Mei 2024  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 665cd32367469

# HALAMAN PERNYATAAN

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zuva Amalina Zain  
NIM : 20106010034  
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, 14 Mei 2024

  
METRAI  
TAMPEL  
SAALX168075809  
Zuva Amalina Zain

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua, kakak, adik, dan keluarga serta sahabat-sahabat yang selalu menemani dan mendukung sampai saat ini. Terutama untuk diriku sendiri terima kasih sudah semangat dan tidak menyerah sampai sejauh ini.



## **HALAMAN MOTTO**

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Apabila engkau telah selesai (dengan suatu kebajikan), teruslah bekerja keras (untuk kebajikan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu berharaplah!” Al-Insyirah Ayat 6-8



## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillah*, puji dan syukur atas rahmat Allah SWT karena-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis *Cluster* Metode K-Means dan Ward dalam Pembentukan Portofolio *Robust*” sebagai syarat dalam menyelesaikan studi S-1 Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Sebelumnya, sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi umatnya hingga akhir jaman nanti.

Pada penulisan skripsi ini tidaklah terlepas berkat adanya doa, bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, MA., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Arif Munandar, M.Sc., selaku Dosen Penasihat Akademik Matematika Angkatan 2020 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan masukan, arahan, dan nasihat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu selama dibangku perkuliahan.
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Hadiwiyanto dan Ibu Rodhiyah yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan pendidikan ini dan selalu memberikan doa, dukungan serta kasih sayang yang tak terhingga.
8. Rofiq Imam Muchsin dan Zahri Raihan, selaku kakak dan adik yang telah mendukung dan menghibur selama ini dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Keluarga besar simbah Djoinangun dan Mento Suhadi yang selalu memberikan doa dan motivasi.
10. Sahabat “wonsa” Evi Hastuti, Brenda Maurel Pramesty Putri, Hesty Eko Setyowati, Anindya Hestyning Sekar, dan Cindi Faranita yang berperan penting dalam masa perkuliahan, terima kasih untuk kebersamaan, bantuan, dan kerjasamanya dalam beberapa hal yang terjadi selama ini.
11. Teman-teman Matematika 2020 yang sudah kebersamai selama masa perkuliahan ini.
12. Teman-teman KKN 111 Saren Magelang, terima kasih untuk segala kenangan, support dan pengalamannya selama ini.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga Allah SWT membalas kebajikannya.

Yogyakarta, 16 Maret 2023

STATE ISLAMIC UNIVERSITY Penulis  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR SIMBOL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
INTISARI .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah .....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Tinjauan Pustaka.....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	9
BAB II.....	11
LANDASAN TEORI.....	11
2.1 Variabel <i>Random</i> .....	11
2.1.1 Distribusi Normal.....	11
2.1.2 Nilai ekspektasi.....	12
2.1.3 Mean dan variansi .....	12
2.1.4 Kovariansi dan korelasi.....	13
2.2 Matriks .....	14

2.2.1 Beberapa jenis matriks .....	15
2.2.2 Penjumlahan matriks.....	17
2.2.3 Perkalian matriks dengan skalar .....	17
2.2.4 Perkalian matriks dengan matriks .....	18
2.2.5 Transpose matriks .....	18
2.2.6 Determinan matriks.....	18
2.2.7 Invers matriks.....	19
2.2.8 Matriks Simetris.....	20
2.3 Pengali Lagrange (Purcell dan Varberg (1987)) .....	20
2.3.1 Satu Pengali Lagrange.....	20
2.3.2 Lebih dari Satu Pengali Lagrange .....	20
2.4 Analisis Multivariat.....	21
2.5 Data Multivariat .....	22
2.5.1 Matriks data Multivariat.....	22
2.5.2 Matriks Varian-Kovariansi .....	23
2.6 Deteksi Outliers.....	23
2.7 Definisi Analisis <i>Cluster</i> .....	24
2.8 Uji ANOVA ( <i>Analysis of Variance</i> ).....	26
2.9. Uji Asumsi Klasik.....	27
2.9.1. Uji Normalitas.....	27
2.9.2 Uji Homogenitas .....	28
2.10 Teori Investasi.....	30
2.11 Saham.....	32
2.12 Pasar modal.....	33
2.13 Return aset tunggal .....	35
2.14 Risiko aset tunggal.....	36
2.15 Portofolio .....	37
2.15.1 Return portofolio.....	39
2.15.2 Risiko portofolio .....	39
2.16 Kinerja Portofolio .....	40
2.16.1 Indeks Sharpe.....	40
2.16.2 Indeks Treynor .....	41
2.16.3 Indeks Jensen .....	41

2.17 Portofolio Mean Variance.....	42
2.18 Estimasi Robust S .....	45
BAB III .....	47
METODE PENELITIAN.....	47
3.1 Jenis dan Sumber Data.....	47
3.1.1 Jenis data.....	47
3.1.2 Sumber Data.....	47
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian .....	47
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	51
3.4 Alat Pengolahan Data .....	51
3.5 Metode Analisis Data.....	51
3.6 Flowchart .....	54
BAB IV .....	55
PEMBAHASAN.....	55
4.1 Analisis <i>Cluster</i> .....	55
4.1.1 Ciri-ciri Analisis <i>Cluster</i> .....	55
4.1.2 Istilah Penting dalam Analisis <i>Cluster</i> .....	56
4.1.4 Konsep Dasar Analisis <i>Cluster</i> .....	56
4.2 Tahapan Analisis <i>Cluster</i> .....	57
4.2.1 Standarisasi Data.....	57
4.2.2 Mengukur Kemiripan.....	57
4.2.3 Memilih Prosedur Analisis <i>Cluster</i> .....	60
4.2.4 Menentukan Banyaknya <i>Cluster</i> .....	61
4.2.5 Interpretasi <i>Cluster</i> .....	64
4.3 K-Means.....	64
4.4 Ward.....	68
4.5 Portofolio <i>Robust</i> .....	72
BAB V .....	75
STUDI KASUS.....	75
5.1 Profil <i>Jakarta Islamic Index</i> .....	75
5.2. Deskripsi Data.....	75
5.3 Plot Pergerakan Harga Saham.....	76
5.4 Menentukan Nilai <i>Return</i> , <i>Expected Return</i> , dan Risiko .....	77

5.5 Uji Asumsi Klasik.....	77
5.5.1 Uji Outlier (Pencilan).....	77
5.5.2 Uji Normalitas.....	78
5.6 Pembentukan <i>Cluster</i> Menggunakan Metode K-Means dan Ward.....	79
5.6.1 Pembentukan <i>cluster</i> dengan metode K-Means.....	79
5.6.2 Pembentukan <i>cluster</i> dengan metode Ward.....	83
5.7 Pemilihan Saham Setiap <i>Cluster</i> Berdasarkan Sharpe Rasio.....	87
5.7.1 Pemilihan saham berdasarkan Sharpe Ratio pada metode K-Means .....	87
5.7.2 Pemilihan saham berdasarkan Sharpe Ratio pada metode Ward .....	88
5.8 Pembentukan Portofolio <i>Robust</i> .....	89
5.8.1 Pembentukan Portofolio <i>Robust</i> berdasarkan Metode K-Means .....	89
5.8.2 Pembentukan Portofolio <i>Robust</i> berdasarkan Metode Ward .....	90
5.9 Perbandingan Kinerja Portofolio Optimal dengan <i>Sharpe Ratio</i> .....	92
PENUTUP .....	94
6.1 Kesimpulan .....	94
6.2 Saran .....	95
DAFTAR PUSTAKA .....	96
LAMPIRAN.....	100

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> <i>Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)</i> .....	47
<b>Tabel 3. 2</b> <i>Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)</i> konsisten masuk pada periode .....	49
<b>Tabel 4. 1</b> Contoh data metode K-Means .....	66
<b>Tabel 4. 2</b> <i>Cluster centroid (1)</i> .....	66
<b>Tabel 4. 3</b> Keputusan penempatan objek.....	67
<b>Tabel 4. 4</b> <i>Cluster centroid (2)</i> .....	67
<b>Tabel 4. 5</b> Keputusan penempatan objek .....	68
<b>Tabel 5. 1</b> Deskripsi Data .....	76
<b>Tabel 5. 2</b> Deteksi <i>Outlier</i> (Pencilan) Menggunakan Nilai Jarak Mahalanobis .....	78
<b>Tabel 5. 3</b> Uji Normalitas Shapiro Wilk .....	79
<b>Tabel 5. 4</b> Saham yang termasuk <i>cluster</i> 1 pada metode K-Means .....	81
<b>Tabel 5. 5</b> Saham yang termasuk <i>cluster</i> ke 2 pada metode K-Means .....	81
<b>Tabel 5. 6</b> Uji ANOVA pada <i>cluster</i> K-Means .....	83
<b>Tabel 5. 7</b> Saham yang termasuk <i>cluster</i> 1 pada metode Ward .....	85
<b>Tabel 5. 8</b> Saham yang termasuk <i>cluster</i> 2 pada metode Ward .....	85
<b>Tabel 5. 9</b> Uji ANOVA pada <i>cluster</i> Ward .....	87
<b>Tabel 5. 10</b> Pemilihan Saham berdasarkan Sharpe Ratio Metode K-Means .....	87
<b>Tabel 5. 11</b> Pemilihan Saham berdasarkan Sharpe Ratio Metode Ward .....	88
<b>Tabel 5. 12</b> Bobot portofolio <i>robust</i> dengan analisis <i>cluster</i> K-Means .....	89
<b>Tabel 5. 13</b> Return, Risiko dan Sharpe Ratio Portofolio pada <i>Cluster</i> K-Means .....	90
<b>Tabel 5. 14</b> Bobot portofolio dengan analisis <i>cluster</i> Ward .....	91
<b>Tabel 5. 15</b> Return, Risiko dan Sharpe Ratio Portofolio pada <i>cluster</i> Ward .....	92
<b>Tabel 5. 16</b> Hasil Perbandingan kinerja portofolio <i>robust</i> metode K-Means dan Ward .....	92

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 5. 1</b>	Plot pergerakan harga saham penutupan 51 Saham JII 70 .....	76
<b>Gambar 5. 2</b>	Penentuan jumlah kelompok optimal dengan SI cluster K-Means	80
<b>Gambar 5. 3</b>	Visualisasi cluster K-Means berdasarkan Silhouette Index.....	80
<b>Gambar 5. 4</b>	Penentuan jumlah kelompok optimal dengan SI cluster Ward.....	84
<b>Gambar 5. 5</b>	Visualisasi cluster Ward dengan Jarak Euclidean .....	84



## DAFTAR SIMBOL

$R$  : *Return*

$\hat{w}$  : estimasi bobot portofolio

$w$  : bobot portofolio

$\mu$  : vektor *mean return*

$\Sigma$  : matriks kovariansi *return*

$\mu_p$  : *mean* portofolio

$\sigma_p^2$  : variansi portofolio

$\gamma$  : parameter *risk averse*

$\lambda$  : pengali lagrange

$\alpha$  : taraf signifikansi

$\rho$  : fungsi kerugian (*loss function*)

$\hat{\mu}$  : penduga vektor *mean*

$\hat{\Sigma}$  : penduga matriks kovariansi

$e$  : matriks yang semua elemennya bernilai 1

$\chi$  : distribusi Chi-Kuadrat

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> <i>Jakarta Islamic Index 70 (JII 70)</i> .....	100
<b>Lampiran 2</b> Saham JII 70 Konsisten .....	102
<b>Lampiran 3</b> <i>BI Rate</i> .....	104
<b>Lampiran 4</b> Nilai <i>Return</i> 51 Saham JII70 .....	105
<b>Lampiran 5</b> Plot <i>Return</i> 51 Saham .....	109
<b>Lampiran 6</b> Nilai <i>Expected Return</i> dan Risiko 51 Saham JII70 .....	110
<b>Lampiran 7</b> Nilai <i>Sharpe Ratio</i> .....	112
<b>Lampiran 8</b> Uji Asumsi Klasik.....	113
<b>Lampiran 9</b> Penentuan Banyaknya <i>Cluster</i> pada K-Means dan Ward.....	116
<b>Lampiran 10</b> Uji Anova pada <i>Cluster</i> K-Means dan Ward.....	118
<b>Lampiran 11</b> Portofolio <i>robust</i> K-Means .....	119
<b>Lampiran 12</b> Portofolio <i>robust</i> Ward .....	123



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## INTISARI

### ANALISIS *CLUSTER* METODE K-MEANS DAN WARD DALAM PEMBENTUKAN PORTOFOLIO *ROBUST*

(Studi kasus: Data saham Indeks JII 70 periode 1 Desember 2021  
-1 Desember 2023)

Oleh

ZUVA AMALINA ZAIN

20106010034

Investasi merupakan kegiatan menempatkan dana di masa sekarang dengan harapan mendapatkan keuntungan dalam jangka waktu tertentu. Selain keuntungan untuk mendapatkan hasil yang maksimal investor perlu mempertimbangkan risiko. Salah satu cara meminimalisir risiko adalah dengan mendiversifikasinya dalam bentuk portofolio. Portofolio *Mean Variance* merupakan salah satu metode pembentukan bobot portofolio dengan memanfaatkan data historis individual saham. Analisis *cluster* dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk memilih saham-saham yang digunakan untuk membentuk portofolio karena saham-saham dari kategori yang sama dapat dengan sederhana dan mudah dikelompokkan ke dalam satu kelompok. Dengan demikian digunakan analisis *cluster* K-means dan ward dengan pendekatan portofolio *robust* agar analisis *cluster* portofolio tetap optimal dalam keadaan data yang mengandung pencilan. Tujuan dari penelitian ini yakni mengetahui hasil perbandingan kinerja portofolio *robust* yang terbentuk berdasarkan pengelompokan K-Means dan Ward. Data penelitian ini menggunakan saham yang terdaftar di Jakarta Islamic Index 70 (JII70). Pada tahap awal, digunakan teknik *clustering* dengan metode K-Means dan Ward. Hasil analisis menunjukkan bahwa terbentuk dua *cluster*, yaitu *cluster* K-Means dan Ward, di mana *cluster* K-Means terdiri dari saham FILM, MAPI, TAPG dan HRUM, sedangkan *cluster* Ward terdiri dari saham BUKA, PTPP, FILM, dan MAPI. Hasil perbandingan analisis kinerja saham menunjukkan bahwa *cluster* Ward lebih baik karena nilai *Sharpe Ratio* pada *cluster* Ward (0.1208591) lebih besar daripada *cluster* K-Means (0.0961657).

Kata Kunci : Analisis *Cluster*, K-Means, Ward, Portofolio, Kinerja Portofolio, Estimasi-S

## ABSTRACT

### CLUSTER ANALYSIS OF K-MEANS AND WARD METHOD IN FORMING A ROBUST PORTFOLIO

(Case study: JII 70 Index stock data for the period 1 December 2021

-1 December 2023)

By

ZUVA AMALINA ZAIN

20106010034

Investment is the activity of placing funds in the present with the hope of making a profit within a certain period of time. Apart from profits, to get maximum results, investors need to consider risk. One way to minimize risk is to diversify it in the form of a portfolio. Portfolio Mean Variance is a method of forming portfolio weights by utilizing historical data on individual shares. Cluster analysis can reduce the time needed to select the stocks used to form a portfolio because stocks from the same category can be simply and easily grouped into one cluster. Thus, K-means and ward cluster analysis is used with a robust portfolio approach so that portfolio cluster analysis remains optimal in situations where data contains outliers. The aim of this research is to find out the comparative results of the performance of robust portfolios formed based on K-Means and Ward groupings. This research data uses shares listed on the Jakarta Islamic Index 70 (JII70). In the initial stage, clustering techniques using the K-Means and Ward methods were used. The results of group analysis show that two clusters were formed, namely the K-Means and Ward clusters, where the K-Means cluster consists of FILM, MAPI, TAPG and HRUM shares, while the Ward cluster consists of BUKA, PTPP, FILM and MAPI shares. The results of the stock performance analysis comparison show that the Ward cluster is better because the Sharpe Ratio value in the Ward cluster (0.1208591) is greater than the K-Means cluster (0.0961657).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Di era modern ini teknologi digital semakin berkembang dengan cepat dan semua hal dapat dengan mudah diakses termasuk dalam dunia bisnis. Perkembangan perusahaan-perusahaan baru maupun lama yang ramah terhadap teknologi dalam realitanya berdampak pada peningkatan daya saing.

Pajar, R. C. (2017) menyatakan bahwa perkembangan teknologi turut memberikan fasilitas bagi para investor atau orang yang melakukan investasi untuk dapat secara bebas memilih cara berinvestasi karena dengan adanya internet dan perkembangan teknologi ini informasi mengenai jenis dan cara berinvestasi sudah tersedia melimpah. Semakin berkembangnya perekonomian ini juga mendorong perubahan terhadap bisnis yang ada salah satunya perusahaan ikut bergabung di pasar modal untuk meningkatkan kinerjanya. Pasar modal (*Capital Market*) merupakan sebuah pasar dimana dana-dana modal seperti ekuitas dan utang diperdagangkan.

Tambunan, D. (2020) menyatakan bahwa investasi merupakan salah satu cara dalam mempersiapkan keuangan di masa depan. Investasi dapat memberikan tingkat keuntungan yang lebih tinggi dari jumlah yang diinvestasikan. Investasi berdasarkan jenis aktivitya dibedakan menjadi 2 macam yakni investasi pada aktiva riil dan investasi pada aktiva non-riil. Investasi pada aktiva riil misalnya investasi dalam bentuk tanah dan gedung, sedangkan investasi pada aktiva non-riil misalnya surat-surat berharga. Investasi merupakan suatu komitmen penanaman dana pada periode tertentu untuk mendapatkan pembayaran di masa depan sebagai kompensasi bagi investor untuk waktu selama dana diinvestasikan, dengan mempertimbangkan tingkat inflasi dan ketidakpastian tentang masa depan.

Berdasarkan penjelasan diatas, investasi merupakan suatu penanaman modal di masa sekarang untuk memperoleh sejumlah keuntungan di masa depan. Investasi juga dapat disebut sebagai penempatan sejumlah dana di masa sekarang sehingga di masa depan investor mendapatkan dana dengan dua kemungkinan yaitu kerugian atau keuntungan. Dalam hal ini investor pasti mengharapkan keuntungan yang

tinggi di masa mendatang dan memiliki daya jual yang tinggi dengan risiko yang rendah dari dana yang sudah diinvestasikan. Semakin tinggi tingkat keuntungan yang diharapkan maka semakin tinggi juga tingkat risiko yang akan diperoleh. Salah satu strategi untuk mengatasi risiko yang tidak pasti dalam berinvestasi adalah membentuk sebuah portofolio (sekumpulan aset-aset investasi).

Teori model portofolio pertama kali dicetuskan oleh Harry M. Markowitz pada tahun 1952. Teori ini membahas tentang permasalahan bagaimana mengalokasikan penanaman modal agar dapat membawa keuntungan yang besar namun dengan risiko relatif kecil. Model portofolio yang menekankan pada hubungan antara *return* dan risiko portofolionya adalah model Markowitz. Model portofolio Markowitz disebut juga dengan portofolio Mean-Variance (MV) karena risiko portofolio dipengaruhi oleh rata-rata tertimbang setiap risiko aset individual dan kovarians antara aset yang membentuk portofolio. Model MV dalam pembentukan portofolio semakin berkembang dengan memodifikasi ukuran statistik yang digunakan.

Salah satu strategi pengembangan dalam menyusun portofolio yang perlu diperhatikan adalah pemilihan aset yang tergabung. Risiko yang terjadi pada portofolio akan semakin kecil jika asetnya semakin beragam karena semakin beragam aset dalam portofolio maka dapat dikatakan semakin terdiversifikasi. Risiko yang dimaksud yakni terjadinya pergerakan yang sama saat harga aset menurun akan terjadi pula pada aset yang lain dalam portofolio.

Menurut Wicaksono (2017) analisis *cluster* merupakan salah satu metode statistika multivariat yang menggabungkan objek ke dalam beberapa kelompok, di mana anggota kelompok (*cluster*) tidak diketahui sebelumnya dan anggota di setiap klaster tersebut memiliki kemiripan yang tinggi dibandingkan dengan anggota antar *cluster*. Pada analisis *cluster* terdapat dua asumsi yang harus dipenuhi yaitu data bebas dari *outlier* (pencilan) dan bebas dari masalah multikolinearitas. *Outlier* merupakan data yang mempunyai karakteristik berbeda dengan data yang lain. Multikolinearitas merupakan keberadaan hubungan linear yang sempurna diantara sebagian atau semua variabel.

Menurut Supandi(2023) metode portofolio *Mean-Variance* terdapat masalah utama yaitu pada estimasi vektor *mean* yang menekankan pada usaha memaksimalkan *expected return* dan matriks variansi-kovariansi yang meminimumkan ketidakpastian/risiko pada data yang *fluktuatif*. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kesalahan estimasi pada masalah utama tersebut yaitu dengan membangun suatu portofolio *robust* optimal dengan melalui pendekatan estimasi *robust* pada portofolio model *Mean-Variance*. Estimasi *robust* yang digunakan pada penelitian ini adalah estimasi *Scale* (S) karena estimasi S merupakan estimasi *robust* yang memiliki *breakdownpoint* paling tinggi yaitu 50% yang artinya estimasi ini dapat mengatasi setengah dari pencilan dan memberikan pengaruh yang baik bagi pengamatan lainnya. Menurut Huber (1981) *breakdownpoint* merupakan presentase dari *outlier* yang mengakibatkan nilai estimator menjadi berubah-ubah.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan indeks saham syariah *Jakarta Islamic Index* (JII 70). JII 70 merupakan indeks saham syariah yang diluncurkan oleh Bank Efek Indonesia (BEI). Alasan pemilihan *Jakarta Islamic Index* 70 (JII 70) karena JII 70 mencakup saham-saham yang memenuhi prinsip-prinsip syariah Islam dan JII 70 mencakup saham-saham dari perusahaan besar dan terkemuka di Indonesia.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan kinerja portofolio pada saham JII 70 dengan menggabungkan *clustering* K-Means dan Ward dengan estimasi *robust Scale* (S).

## 1.2 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Analisis *cluster* metode K-Means dan Ward dalam portofolio *robust* saham JII 70.
2. Estimasi *robust* yang digunakan adalah S.
3. *Software* yang digunakan adalah bahasa pemrograman R.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah dijelaskan, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis *cluster* metode K-Means dan Ward dalam portofolio *robust*?
2. Bagaimana hasil analisis *cluster* metode K-Means dan Ward pada pembentukan portofolio *robust* dengan estimasi S?
3. Bagaimana perbandingan kinerja portofolio yang dihasilkan oleh metode K-Means dan Ward dalam pembentukan portofolio dengan menggunakan estimasi *robust* S ?

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dirumuskan, maka dapat diketahui tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil analisis *cluster* metode K-Means dan Ward dalam portofolio *robust*.
2. Mengetahui hasil analisis *cluster* metode K-Means dan Ward pada pembentukan portofolio *robust* dengan estimasi S.
3. Mengetahui perbandingan kinerja portofolio yang dihasilkan oleh metode K-Means dan Ward dalam pembentukan portofolio dengan menggunakan estimasi *robust* S.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu bahan pengetahuan dan referensi bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan keilmuan mengenai analisis *cluster* dalam pembentukan portofolio *robust*.
2. Sebagai bentuk implementasi ilmu yang telah didapat selama di perkuliahan.
3. Menambah pengetahuan tentang aplikasi matematika di bidang statistika terutama dalam pemilihan aset pada pembentukan portofolio yang *robust*.

4. Memberikan informasi dan bahan pertimbangan kepada calon investor pada saham *Jakarta Islamic Index 70* (JII 70) dalam pengambilan keputusan investasi.

### 1.6 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian digunakan metode studi yang dilakukan dengan mempelajari beberapa jurnal, karya ilmiah, buku, dan hasil penelitian sebelumnya yang mendukung penelitian ini. Beberapa penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai rujukan dan acuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Jurnal yang berjudul “*Robust Mean-Variance Portfolio Selection Using Cluster Analysis: A Comparison Between Kamila and Weight K-Means Clustering*” oleh La Gubu, dkk (2020), berasal dari Departemen Matematika Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Dalam jurnal tersebut menerapkan perbandingan analisis *cluster* metode Kamila dan K-means pada portofolio *robust mean-variance* pada data saham LQ-45 dengan menggunakan estimasi *Fast Minimum Covariance Determinant* (FMCD) dan *S* untuk menghitung *mean* dan *covariance*. Hasil dari penelitian ini adalah kinerja portofolio terbaik diperoleh dengan menggabungkan analisis *cluster* Kamila dengan menggunakan estimasi FMCD yang *robust*.
2. Jurnal yang berjudul “*Robust Mean-Variance Portfolio Selection With Ward and Complete Linkage Clustering Algorithm*” oleh La Gubu, dkk (2020) berasal dari Departemen Matematika Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Dalam jurnal tersebut menerapkan portofolio *robust Mean-Variance* dengan menggunakan algoritma Ward dan *Complete linkage* pada data saham LQ-45 dengan menggunakan estimasi FMCD dan *S*. Hasil dari penelitian ini adalah kinerja portofolio dengan estimasi *robust* FMCD lebih baik dari estimasi *robust S* dan portofolio MV klasik untuk semua *risk aversion values*.
3. Jurnal yang berjudul “*Analisis Klaster dalam Pembentukan Portofolio Robust Mean-Variance*” oleh Supandi, E. D. dan Anggara, Y (2023), berasal dari Prodi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam jurnal tersebut menerapkan analisis *cluster* dalam pembentukan portofolio yang kuat pada

data *Jakarta Islamic Index 30* pada periode bulan Februari 2021 sampai Juli 2022. Hasil dari penelitian ini adalah terbentuknya dua kelompok. Kelompok pertama beranggotakan 5 saham yang memiliki *return* tinggi dan kelompok kedua beranggotakan 25 saham yang mempunyai *return* rendah.

4. Skripsi yang berjudul “Penerapan Estimasi M dan S dalam Pembentukan Portofolio *Robust Mean-Variance*” oleh Martiningsih Sakinah (2021) mahasiswi jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Skripsi ini menjelaskan tentang pembentukan portofolio yang *robust* dan membandingkan portofolio MV melalui pendekatan *robust* dengan menggunakan estimasi M dan S pada saham dari *Jakarta Islamic Index 30* (JII 30). Hasil dari penelitian ini adalah rata-rata keuntungan portofolio *robust mean-variance* dengan estimasi M lebih stabil dari estimasi S.
5. Skripsi yang berjudul “Perbandingan Kinerja Metode *Average Linkage* dan Metode Ward Dalam Menentukan Hasil Analisis *Cluster*” oleh Riski Yuli Artanti mahasiswa jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta tahun 2018. Skripsi ini menjelaskan tentang pembentukan *cluster* dengan data jumlah penyakit pada 12 kecamatan di kabupaten Kulon Progo tahun 2015 dengan metode *Average Linkage* dan Ward, serta menjelaskan hasil perbandingan yang diperoleh jika ditinjau dari simpangan baku dalam dan antar kelompok. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terbentuknya beberapa *cluster* pada masing-masing metode dan hasil dari perbandingan nilai simpangan baku (s) nilai terkecil diperoleh dari metode *average linkage* yang berarti metode tersebut merupakan metode terbaik diantara kedua metode.
6. Skripsi yang berjudul “Analisis *Cluster* metode K-Means dan Ward dalam Pembentukan Portofolio *Robust*” oleh Zuva Amalina Zain mahasiswi jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta tahun 2020. Skripsi ini menjelaskan tentang perbandingan hasil analisis kinerja portofolio yang *robust* dengan menggunakan analisis *cluster* metode K-Means dan Ward. Data yang digunakan yaitu data harga penutupan pada saham *Jakarta Islamic Index 70* (JII 70).

Berdasarkan pemaparan diatas persamaan dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel 1. 1 Tinjauan pustaka penelitian sebelumnya**

No.	Peneliti	Judul	Metode	Objek
1.	La Gubu, dkk. (2020)	<i>Robust Mean-Variance Portfolio Selection Using Cluster Analysis: A Comparison Between Kamila and Weighted K-Mean Clustering</i>	Kamila dan <i>Weighted K-Mean</i>	Saham LQ-45 periode Agustus 2017-Juli 2018
2.	La Gubu, dkk. (2020)	<i>Robust Mean-Variance Portfolio Selection With Ward and Complete Linkage Clustering Algorithm</i>	Ward dan <i>Complete Linkage</i>	Saham LQ-45 periode Agustus 2017-Juli 2018
3.	Supandi, E. D. dan Anggara, Y (2023)	Analisis Klaster dalam Pembentukan Portofolio <i>Robust Mean-Variance</i>	K-Means	Saham JII 30 periode Februari 2021-Juli 2022
4.	Martiningsih Sakinah (2021)	Penerapan Estimasi M dan S dalam Pembentukan Portofolio <i>Robust Mean-Variance</i>	Estimasi M dan S	Saham JII 30 periode 30 Desember 2017-30 Desember 2019

No.	Peneliti	Judul	Metode	Objek
5.	Riski Yuli Artanti (2018)	Perbandingan Kinerja Metode <i>Average Linkage</i> dan Metode Ward Dalam Menentukan Hasil Analisis <i>Cluster</i>	<i>Average Linkage</i> dan Ward	Jumlah penyakit pada 12 kecamatan di Kabupaten Kulon Progo
6.	Zuva Amalina Zain (2023)	Analisis Cluster Metode K-Means dan Ward dalam Pembentukan Portofolio <i>Robust</i>	K-Means dan Ward	Saham JII 70 periode 1 Desember 2021-1 Desember 2023.

Terdapat persamaan dan perbedaan dari kelima penelitian tersebut dengan penelitian yang sekarang, baik dari model, kinerja, objek yang digunakan. Pada jurnal penelitian yang dilakukan La Gubu, dkk. (2020) metode *cluster* yang digunakan memiliki persamaan yaitu metode *Weighted K-Means* namun peneliti membandingkannya dengan metode Ward dan untuk objek peneliti menggunakan saham yang berbeda yaitu JII 70. Studi selanjutnya yang dilakukan La Gubu, dkk., (2020) juga memiliki persamaan pada metode Ward dan yang membedakan yaitu objek saham yang digunakan serta pembandingan metode analisis *clusternya*. Dalam studi yang dilakukan oleh Supandi, E. D. dan Anggara, Y (2023) pada metode analisis *clusternya* memiliki persamaan menggunakan K-Means namun peneliti menambahkan pembandingan metode Ward dan objek yang digunakan berbeda yaitu JII 70. Penelitian yang dilakukan Martiningsih Sakinah (2021) mempunyai persamaan yaitu pada estimasi *robust* yang digunakan yaitu estimasi S. Pada studi yang dilakukan Riski Yuli Artanti (2018) mempunyai persamaan pada metode yang digunakan yaitu metode Ward dan perbedaannya yaitu peneliti menggunakan data saham.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran dan mempermudah dalam penelitian mengenai analisis *cluster* pada pembentukan portofolio *robust Mean-Variance*. Sistematika penulisan ini terdiri dari :

### 1. BAB I : PENDAHULUAN

Berisi pemaparan terkait latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

### 2. BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi teori pendukung yang digunakan dalam pembahasan. Bab ini menjelaskan mengenai matriks, matriks data multivariat, portofolio *mean variance*, analisis *cluster*, kinerja portofolio, deteksi pencilan, pemilihan portofolio menggunakan estimasi yang *robust* dengan estimasi  $S$ .

### 3. BAB III : METODE PENELITIAN

Memaparkan mengenai rancangan penelitian, identifikasi variabel, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, serta skema langkah yang akan dilakukan dalam penelitian.

### 4. BAB IV : PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan inti dari penelitian ini. Bab ini akan menjelaskan dan memaparkan tentang analisis *cluster* dengan menggunakan metode K-Means dan Ward serta portofolio *robust*.

### 5. BAB V : STUDI KASUS

Pada bab ini akan dibahas tentang profil dan studi kasus dari saham JII 70. Secara umum pembahasan bab ini merujuk kepada skema langkah-langkah pada BAB III dan dianalisis secara komputasi menggunakan *software* Rstudio

### 6. BAB VI : PENUTUP

Pada bab ini akan dibahas tentang kesimpulan dari semua pembahasan pada bab-bab sebelumnya dan berisi saran yang ingin disampaikan untuk peneliti yang akan datang.

### 7. DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini berisikan keterangan dari berbagai literatur yang digunakan peneliti sebagai acuan dalam menyusun penelitian ini.



## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan perumusan masalah dan hasil penelitian perbandingan kinerja portofolio *robust* berdasarkan *cluster* K-Means dan Ward dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis *cluster* metode K-Means dan Ward pada 51 saham JII 70 menghasilkan dua *cluster*. Pada metode *cluster* K-Means terdapat dua *cluster* dimana *cluster* pertama beranggotakan 29 saham dan *cluster* kedua beranggotakan 22 saham, sedangkan metode *cluster* Ward terbagi menjadi dua *cluster* juga dimana *cluster* pertama beranggotakan 11 saham dan *cluster* kedua beranggotakan 40 saham. Pada pembentukan portofolio dipilih empat saham dari masing-masing *cluster* yaitu terpilih saham FILM, MAPI, TAPG dan HRUM sebagai representasi *cluster* K-Means dan BUKA, PTPP, FILM, dan MAPI sebagai representasi *cluster* Ward.
2. Hasil analisis *cluster* metode K-Means dan Ward dalam pembentukan portofolio yang *robust* dengan estimasi S yaitu
  - a. Pembentukan portofolio *robust* dengan estimasi S berdasarkan *cluster* K-Means  
Berdasarkan analisis sebelumnya untuk portofolio optimal pada *cluster* K-Means dengan *risk aversion* 1 diperoleh dengan mengalokasikan dananya pada saham FILM sebesar -181,84%, MAPI sebesar 263,578%, TAPG sebesar -1.970%, dan HRUM sebesar 20.240%. Menurut Supandi (2023) pada pembentukan portofolio yang optimal dengan estimasi S (*robust*) dimungkinkan menghasilkan bobot yang negatif.
  - b. Pembentukan portofolio *robust* dengan estimasi S berdasarkan *cluster* Ward  
Berdasarkan analisis sebelumnya untuk portofolio optimal pada *cluster* Ward dengan *risk aversion* 1 diperoleh dengan mengalokasikan dananya pada saham BUKA sebesar -170.528%, PTPP sebesar -149.579%, FILM sebesar 3.64%, dan MAPI sebesar 416.460%.

3. Perbandingan kinerja portofolio yang dihasilkan berdasarkan metode pengelompokan K-Means dan Ward dalam pembentukan portofolio dengan menggunakan estimasi *robust S* adalah

Kinerja portofolio *cluster* K-Means dan Ward

<b>Metode</b>	<b>Return</b>	<b>Risiko</b>	<b>Sharpe Ratio</b>
K-Means	0.0103861	0.1066360	0.0961657
Ward	0.0163270	0.1340073	0.1208591

Berdasarkan hasil perbandingan diperoleh bahwa portofolio *robust* pada *cluster* Ward lebih baik dibandingkan dengan *cluster* K-Means. Hal ini dapat dilihat dari nilai *Sharpe Ratio* pada *cluster* Ward lebih besar dari *cluster* K-Means walaupun tidak berbeda jauh tetapi semakin besar nilai *Sharpe Ratio* pada portofolio maka akan semakin baik kinerja portofolio tersebut.

## 6.2 Saran

Berdasarkan dari analisis *cluster* K-Means dan Ward pada pembentukan portofolio *robust* dengan estimasi *S* yang dilakukan pada data JII 70 periode 1 Desember 2021 – 1 Desember 2023 peneliti memberikan saran:

1. Bagi peneliti selanjutnya  
Memperluas penelitian untuk menguji metode *clustering* lainnya selain K-Means dan Ward, seperti *fuzzy clustering* atau *hierarchical clustering* untuk melihat apakah terdapat perbedaan signifikan dalam pembentukan portofolio. Melakukan perbandingan antara beberapa estimasi yang berbeda untuk melihat mana yang paling sesuai dalam konteks pembentukan portofolio.
2. Bagi investor  
Bagi para investor, apabila ingin meminimalisir adanya suatu risiko, maka dapat menggunakan analisis *cluster* Ward untuk mendapatkan portofolio yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. M. (2020). *Manajemen Investasi dan Portofolio*. Jakarta Selatan.
- Anton, H. R. (2005). *Elementary Linear Algebra: Applications Version, 9th Edition*. New Jersey.
- Bateni M, B. S. (2017). Affinity Clustering: Hierarchical Clustering at Scale. *Adv Neural Inf Process Syst.* 64-74.
- Boni, M. P. (2018). *Mengelompokkan Subjek Menggunakan Mahalanobis Distance dan PCA*. Sumatra Utara. Tesis Magister Jurusan Matematika Universitas Sumatra Utara.
- Davies, P. L. (1987). *Asymptotic Behaviour of S-Estimates of Multivariate Location Parameters and Dispersion Matrices. The Annals of Statistics, Vol. 15(3), 1269-1292.*
- Eko Indrajit, R. d. (2011). *Wealth Management untuk Penyelenggaraan Perguruan Tinggi sesuai untuk Sekolah Dasar dan Menengah*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Fahmi, I. (2012). *Analisis Laporan Keuangan. Cetakan Ke-2*. Bandung.
- Gubu, L. R. (2020). Robust mean–variance portfolio selection using cluster analysis: A comparison between kamila and weighted k-mean clustering. *Asian Economic and Financial Review*, 10(10), 1169-1186.
- Gubu, L. R. (2020). Robust mean-variance portfolio selection with ward and complete linkage clustering algorithm. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 54(3), 111-127.
- Gudono. (2011). *Analisis Data Multivariat*. Yogyakarta: BPFE.
- Han, J. d. (2006). *Data Mining Concept and Techniques Second Edition*. Burlington: Morgan Kaufman Publishers.

- Harsono, B. (2013). *Efektif Bermain Saham*. Jakarta: Kompas Gramedia.
- Hartono, J. (2016). *Teori Portofolio Dan Analisis Investasi Edisi Kesepuluh*. Yogyakarta: BPFE.
- Huber, P. (1981). *Robust Statistics*. Canada: A John Wiley & Sons, Inc.
- Husnan, S. (2008). *"Manajemen Keuangan: Teori dan Penerapan" Buku 1, Edisi 4, BPFE*. Yogyakarta.
- Ibrahim, I. M. (2013). Mekanisme dan Akad Pada Transaksi Saham di Pasar Modal Syariah. *Jurnal Ekonomi dan Hukum Islam*, 3(2), 8.
- Imrona, M. (2009). *Aljabar Linear Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Jogiyanto. (2012). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi, Edisi Ketujuh, BPFE-Yogyakarta*. Yogyakarta.
- Johnson, R. A. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis, Sixth Edition*. New Jersey: Pearson International Edition.
- Jorion P. (2002). *Value at Risk : The New Benchmark for Managing Financial Risk, McGraw-Hill*. New York.
- Markowitz, H. M. (1952). *Portfolio Selection*. The Journal of Finance.
- Mussafi, N. S. (2017). Analisis Risk Asset Portfolio Berbasis Reward To Variability Pada Saham Syariah Di Indonesia Menggunakan Nonlinear Programming. *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 3(2), 57-64.
- Pajar, R. C. (2017). Pengaruh Motivasi Investasi dan Pengetahuan Investasi Terhadap Minat Investasi Di Pasar Modal Pada Mahasiswa FE UNY. 1-14.
- Purcell, E. d. (1987). *Kalkulus dan Geometri Analitis. Edisi kelima*. Erlangga: Jakarta.
- Puspita, R. (2022). Perbandingan Metode Centroid dan Ward dalam Pengelompokkan Tingkat Penyelesaian Pendidikan di Indonesia. 3(3).

- R. Sitepu, I. a. (2011). Analisis Cluster terhadap Tingkat Pencemaran Udara pada Sektor Industri di Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 11-17.
- Rencher, A. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*, 2nd edition. John Wiley and Sons.
- Sakinah, M. (2021). *Penerapan Estimasi  $M$  dan  $S$  dalam pembentukan portofolio Robust Mean-Variance*. Yogyakarta.
- Santoso, S. (2002). *Buku Latihan SPSS Statistika Multivariat*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Supandi, E. D. (2017). *Pengembangan Model Portofolio Mean-Variance Melalui Metode Estimasi Robust dan Optimasi Robust*. . Yogyakarta: Disertasi, Departemen Matematika FMIPA Universitas Gadjah Mada.
- Supandi, E. D. (2023). Analisis Klaster dalam Pembentukan Portofolio Robust Mean-Variance. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 9(1), 37.
- Suryanto. (1988). *Metode Statistika Multivariat*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Susanti, Y. P. (2013). *Optimasi Model Regresi Robust Untuk Memprediksi Produksi Kedelai Di Indonesia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Tambunan, D. (2020). Investasi saham di masa pandemi COVID-19. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 4(2),. 117-123.
- Tambunan, D. (2020). Investasi saham di masa pandemi COVID-19. 117-123.
- Tambunan, D. (2020). Investasi saham di masa pandemi COVID-19. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 4(2). 117-123.
- Tandelilin. (2017). *Pasar Modal Manajemen Portofolio & Investasi*. Yogyakarta: PT. KANISIUS.

Wicaksono, A. (2017). *K-Medians Clustering (Studi Kasus pada Data Jumlah Tenaga Kesehatan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2015)*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Widarjono, A. (2015). *Analisis Multivariat Terapan dengan Program SPSS, Amos, dan Smartpls*. Yogyakarta; UPP STIM YKPN.

