

SKRIPSI

**OPTIMISASI PORTOFOLIO SAHAM SYARIAH MENGGUNAKAN
QUADRATIC PROGRAMMING (QP) DENGAN PENGELOMPOKAN
ANALISIS KLASSTER NON-HIRARKI**



AFIFAH NUR'AINI NABILA

21106010055

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

**OPTIMISASI PORTOFOLIO SAHAM SYARIAH MENGGUNAKAN
QUADRATIC PROGRAMMING (QP) DENGAN PENGELOMPOKAN
ANALISIS KLASSTER NON-HIRARKI**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



diajukan oleh

AFIFAH NUR'AINI NABILA

21106010055

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

HALAMAN PERSETUJUAN



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Afifah Nur'aini Nabila

NIM : 21106010055

Judul Skripsi : Optimisasi Portofolio Saham Syariah Menggunakan *Quadratic Programming* (QP) dengan Pengelompokan Analisis Klaster Non-Hirarki

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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunagasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 08 Agustus 2025

Pembimbing

Noor Saif Muhammad Mussafi,

S.Si., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19820617 200912 1 005

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-1942/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Optimisasi Portofolio Saham Syariah Menggunakan Quadratic Programming (QP) dengan Pengelompokan Analisis Kluster Non-Hirarki

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AFIFAH NUR'AINI NABILA
Nomor Induk Mahasiswa : 21106010055
Telah diujikan pada : Selasa, 19 Agustus 2025
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: 68a878d2320de



Penguji I

Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a7dbcc692c2



Penguji II

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

Valid ID: 68a86a3c65902



Yogyakarta, 19 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a8a49a7cd17

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afifah Nur'aini Nabila
NIM : 21106010055
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, 11 Agustus 2025



Afifah Nur'aini Nabila

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN



*Penulis mempersembahkan karya
sederhana ini untuk keluarga khususnya
kedua orang tua tercinta serta diriku sendiri,
terimakasih sudah berjuang sejauh ini dan
tidak menyerah.*

HALAMAN MOTTO

Maka, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. [QS. Al-Insyirah: 5-6]

Masing-masing tumbuh di bawah cahayanya sendiri dan masing-masing dengan kisahnya yang kacau (When Life Gives You Tangerines, 2025)



PRAKATA

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Optimisasi Portofolio Saham Syariah Menggunakan *Quadratic Programming* (QP) dengan Pengelompokan Analisis Klaster Non-Hirarki”. Penulisan skripsi ini diselesaikan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafaat di hari kiamat kelak.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini terdapat banyak hambatan dan kekurangan. Namun, berkat adanya motivasi, bantuan, bimbingan, serta arahan dari berbagai pihak, *Alhamdulillah* skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Noorhaidi, M.A., M.Phil., Ph.D., selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Dr. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Ephra Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Muhammad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc., selaku dosen penasihat akademik yang telah membimbing, memberikan dukungan serta saran kepada penulis selama menjalani masa studi.
5. Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing, memberi arahan serta telah sabar menghadapi penulis dalam proses penyusunan skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.

6. Seluruh Bapak/Ibu dosen dan staff Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan memberikan pelayanan administrasi akademik.
7. Kedua orang tua tercinta yaitu Bapak Jawari S.Ag dan Ibu Komariyatun yang tiada henti memberikan doa, dukungan, motivasi, semangat, perhatian, dan kasih sayang kepada penulis. Terimakasih banyak atas apa yang telah diberikan kepada penulis tanpa ada kurangnya. Semoga segala kebaikan bapak ibuk selalu dibalas dengan pahala yang berlipat ganda dari Allah SWT.
8. Kakak-kakak penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu dan adik penulis yang bernama Azka. Terimakasih mas, mbak, dan adik yang tiada henti memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis. Terkhusus kepada Mbak Aniswati dan Mbak Hamida, terimakasih banyak karena selalu mendengarkan keluh kesah penulis dan selalu membelikan kopi kepada penulis untuk memberikan semangat dalam mengerjakan skripsi ini.
9. Bapak Muh. Budi Setiyanto dan Ibu Lina Maulida Hasanah selaku kakak penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan finansial secara rutin. Terimakasih banyak mas dan mbak atas apa yang telah diberikan sehingga penulis tidak pernah merasa kekurangan dalam segala hal. Semoga keluarga kalian selalu diberikan kesehatan dan dilancarkan rezekinya.
10. Keponakan-keponakan penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih banyak bocil-bocil yang selalu menghibur penulis di kala pusing mengerjakan skripsi. Terkhusus kepada kakak Ghazy, kakak Arsalan dan adik Lubna, terimakasih banyak atas canda tawa dan tingkah laku kalian setiap harinya sehingga penulis selalu terhibur dan mengurangi tingkat stress pada penulis.
11. Sahabat-sahabatku yang tergabung dalam grup “Calon Orang-Orang Sukses Dunia-Akhirat” yang terdiri dari Nikmah, Alfina, Azziyah, Citra, Fadia, Izah, Laili, Nur, dan Reni yang telah kebersamaian penulis selama duduk di bangku perkuliahan, selalu memberikan semangat satu sama lain dan selalu mengingatkan dalam segala hal kebaikan.

12. Sahabat sejak MTs, Hervita Ferbianti, terimakasih telah menjadi teman bertumbuh dan berkembang bersama, selalu meluangkan waktu untuk berbagi cerita dan perjalanan hidup. Semoga persahabatan ini *untill* jannah.
13. Teman-teman Matematika angkatan 2021 dan konsentrasi Statistika.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.
15. *Last but not least*, terimakasih kepada diri sendiri, Afifah Nur'aini Nabila, yang telah berusaha keras dalam menyelesaikan skripsi ini dan tidak menyerah. Ini bukanlah suatu hal yang mudah tapi kamu bisa, *so proud!*

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun dalam penelitian ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan menjadi referensi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 06 Agustus 2025

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
INTISARI.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Sistematika Penulisan.....	9
BAB II LANDASAN TEORI	11
2.1. Matriks	11
2.1.1. Penjumlahan Matriks	11
2.1.2. Perkalian Matriks dengan Skalar	12
2.1.3. Perkalian Matriks dengan Matriks	12
2.1.4. Transpose Matriks.....	12
2.1.5. Matriks Simetris	13
2.2. Investasi.....	13

2.3.	Saham.....	14
2.3.1.	Pengertian Saham.....	14
2.3.2.	Saham Syariah.....	16
2.4.	Portofolio.....	17
2.5.	<i>Return</i>	19
2.5.1.	<i>Return</i> Aset Tunggal.....	19
2.5.2.	<i>Annualized Return</i>	21
2.5.3.	<i>Return</i> Portofolio.....	22
2.6.	Risiko	23
2.7.	Analisis Kluster	25
2.7.1.	Analisis Kluster Hirarki.....	25
2.7.2.	Analisis Kluster Non-Hirarki	26
2.8.	<i>Quadratic Programming</i> (QP)	30
2.9.	Kinerja Portofolio.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		34
3.1.	Jenis dan Sumber Data	34
3.2.	Populasi dan Sampel Penelitian	34
3.3.	Metode Pengumpulan Data.....	40
3.4.	Alat Pengolahan Data.....	40
3.5.	Metode Analisis Data	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		44
4.1.	<i>Return</i> , Risiko dan <i>Expected Return</i>	44
4.2.	Klasterisasi Saham menggunakan K-Means.....	46
4.3.	<i>Quadratic Programming</i> (QP)	49
4.3.1.	Pemodelan Portofolio dengan QP	49
4.3.2.	Optimisasi Portofolio dengan QP.....	53
4.4.	Kinerja Portofolio dengan <i>Sharpe Ratio</i>	59
BAB V PENUTUP.....		62
5.1.	Kesimpulan	62
5.2.	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		66

LAMPIRAN.....	70
---------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka	7
Tabel 3. 1 Daftar saham <i>Jakarta Islamic Index</i> 70 (JII70) pada periode Desember 2022 - Mei 2023	34
Tabel 3. 2 Daftar saham <i>Jakarta Islamic Index</i> 70 (JII70) konsisten masuk pada periode 01 Desember 2022 sampai 30 November 2024.....	36
Tabel 3. 3 Daftar JII70 yang mempunyai nilai <i>return</i> positif pada periode 01 Desember 2022 sampai 30 November 2024.....	38
Tabel 3. 4 Daftar JII70 yang mempunyai nilai <i>return</i> melebihi R_f pada periode 01 Desember 2022 sampai 30 November 2024.....	39
Tabel 4. 1 Nilai <i>expected return</i> dan risiko	45
Tabel 4. 2 Pengelompokan Klaster menggunakan K-Means	47
Tabel 4. 3 Pembentukan Portofolio Saham Syariah.....	48
Tabel 4. 4 Nilai Rataan Geometris Portofolio 1	49
Tabel 4. 5 Nilai Rataan Geometris Portofolio 2	51
Tabel 4. 6 Hasil Pembobotan Portofolio 1	55
Tabel 4. 7 Nilai <i>Return</i> dan Risiko Portofolio dari Portofolio 1	55
Tabel 4. 8 Hasil Pembobotan Portofolio 2	58
Tabel 4. 9 Nilai <i>Return</i> dan Risiko Portofolio dari Portofolio 2	58
Tabel 4. 10 Hasil Perbandingan Kinerja Portofolio dengan <i>Sharpe Ratio</i>	60

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik perkembangan jumlah emiten saham syariah di Indonesia pada tahun 2017-2021 (Fauziah & Ibrahim, 2022)	2
Gambar 2. 1 Konsep Portofolio Optimal (Bodie et al., 2020)	18
Gambar 3. 1 Diagram alir (<i>flowchart</i>) pengolahan data penelitian.....	43
Gambar 4. 1 Plot pergerakan <i>return</i> saham.....	44
Gambar 4. 2 Penentuan jumlah kluster optimal dengan <i>Silhouette Index</i>	46
Gambar 4. 3 Visualisasi kluster K-Means	47
Gambar 4. 4 Tampilan <i>Input</i> QP untuk Portofolio 1	54
Gambar 4. 5 <i>Output</i> QP dari Portofolio 1	54
Gambar 4. 6 Grafik Nilai <i>Return</i> dan Risiko Portofolio untuk Portofolio 1	55
Gambar 4. 7 Tampilan <i>Input</i> QP untuk Portofolio 2	56
Gambar 4. 8 <i>Output</i> QP dari Portofolio 2	57
Gambar 4. 9 Grafik Nilai <i>Return</i> dan Risiko Portofolio untuk Portofolio 2.....	58



DAFTAR LAMBANG

R_i	=	<i>Return</i> saham ke- i
$E(R_i)$	=	<i>Return</i> ekspektasi pada saham ke- i
$\bar{r}_i$	=	Rata-rata aritmatik untuk aset i
μ_i	=	Rataan geometris
R_p	=	<i>Return</i> realisasi portofolio
w	=	Vektor yang memuat bobot-bobot (proporsi dana)
$E(R_p)$	=	<i>Return</i> ekspektasi portofolio
σ	=	Standar deviasi
σ^2	=	<i>Variance</i>
$cov(R_i, R_j)$	=	<i>Covariance matrix</i> untuk aset i dan j
$VaR_\alpha(X)$	=	<i>Value at Risk</i> , dimana X adalah variabel acak dengan distribusi kumulatif $F_X(z) = P\{X \leq z\}$ dan tingkat kepercayaannya adalah $\alpha \in [0,1]$
$R_{f\text{mingguan}}$	=	<i>Risk-free rate</i> (tingkat pengembalian bebas risiko)
a_i	=	Rata-rata jarak data ke- i terhadap semua data dalam klaster
b_i	=	Rata-rata jarak data ke- i terhadap semua data dari klaster lain
SI_i	=	Silhouette Index data ke- i
SSE	=	<i>Sum of Squares Error</i> , yaitu total jumlah kuadrat kesalahan dalam klasterisasi
C_{ij}	=	Pusat klaster ke- i pada variabel ke- j
$d(x_i, c_i)$	=	Jarak <i>Euclidean</i> antara data x_i dan pusat klaster c_i
SR	=	<i>Sharpe Ratio</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai <i>Return</i> 48 Saham JII70	70
Lampiran 2 Nilai <i>R_f</i> dari BI Rate.....	75
Lampiran 3 Proses Seleksi Saham dari 48 saham menjadi 15 saham.....	76
Lampiran 4 Nilai <i>Expected Return</i> dan Risiko	78
Lampiran 5 Plot <i>Return</i> 15 Saham	79
Lampiran 6 Penentuan Banyaknya Klaster pada K-Means.....	81
Lampiran 7 Matriks Varians-Kovarians	83
Lampiran 8 Optimisasi Portofolio 1 Menggunakan QP.....	85
Lampiran 9 Optimisasi Portofolio 2 Menggunakan QP.....	89



INTISARI
OPTIMISASI PORTOFOLIO SAHAM SYARIAH MENGGUNAKAN
***QUADRATIC PROGRAMMING* (QP) DENGAN PENGELOMPOKAN**
ANALISIS KLASTER NON-HIRARKI

Oleh

Afifah Nur'aini Nabila

21106010055

Upaya untuk meminimumkan risiko adalah dengan melakukan diversifikasi saham menjadi sebuah portofolio. Pembentukan kelompok saham menggunakan metode K-Means dengan mempertimbangkan nilai risiko dan *expected return* pada masing-masing saham. Langkah selanjutnya adalah pemodelan portofolio dan dilanjutkan dengan optimisasi portofolio menggunakan *Quadratic Programming* (QP). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah saham aktif mingguan yang terdaftar pada *Jakarta Islamic Index 70* (JII70) periode 01 Desember 2022 sampai dengan 30 November 2024. Berdasarkan analisis K-Means, seluruh data saham JII70 dapat dikategorikan menjadi dua kelompok saham dengan keanggotaan berturut-turut 5 saham dan 9 saham. Hasil penelitian menunjukkan pembobotan dari portofolio saham yang terbentuk beserta nilai risiko yang diperoleh calon investor. Portofolio 1 yang terdiri dari 5 emiten saham syariah yaitu BRIS, BRMS, DSNG, TPIA, dan WIFI diperoleh nilai risiko portofolio sebesar 2.0180745% per tahun dengan nilai *expected return* sebesar 6% per tahun. Untuk portofolio 2 yang terdiri dari 8 emiten saham syariah yaitu ADRO, ELSA, ICBP, INDF, ISAT, JPFA, PTBA, dan UNTR diperoleh nilai risiko portofolio sebesar 1.1477802% per tahun dengan nilai *expected return* sebesar 6% per tahun. Merujuk pada nilai *Sharpe Ratio*, kinerja portofolio 1 (0.2609773) lebih unggul daripada kinerja portofolio 2 (0.0718171).

Kata kunci: K-Means, Portofolio, *Quadratic Programming*, Saham Syariah, *Sharpe Ratio*.

ABSTRACT
OPTIMIZATION OF SHARIA STOCK PORTFOLIO USING QUADRATIC
PROGRAMMING (QP) WITH NON-HIERARCHICAL CLUSTER
ANALYSIS GROUPING

By

Afifah Nur'aini Nabila

21106010055

The strategy of minimizing risks is implemented by creating a diversified stock portfolio. The formation of stock groups uses the K-Means method, taking into account the risk value and expected return of each stock. The next step is portfolio modeling, followed by portfolio optimization using Quadratic Programming (QP). The data used in this study are weekly active stocks listed on the Jakarta Islamic Index 70 (JII70) for the period from December 1, 2022, to November 30, 2024. Based on the K-Means analysis, all JII70 stock data can be categorized into two groups of stocks with 5 stocks and 9 stocks, respectively. The results of the research show the weighting of the stock portfolio formed along with the risk value obtained by prospective investors. Portfolio 1, consisting of 5 sharia stock issuers, namely BRIS, BRMS, DSNG, TPIA, and WIFI, obtained a portfolio risk value of 2.0180745% per year with an expected return value of 6% per year. For Portfolio 2, consisting of 8 sharia-compliant stocks, namely ADRO, ELSA, ICBP, INDF, ISAT, JPFA, PTBA, and UNTR, the portfolio risk value is 1.1477802% per year with an expected return of 6% per year. Referring to the Sharpe Ratio value, portfolio 1 (0.2609773) demonstrates higher performance than portfolio 2 (0.0718171).

Keywords: K-Means, Portfolio, Quadratic Programming, Sharia Stocks, Sharpe Ratio.

BAB I

PENDAHULUAN

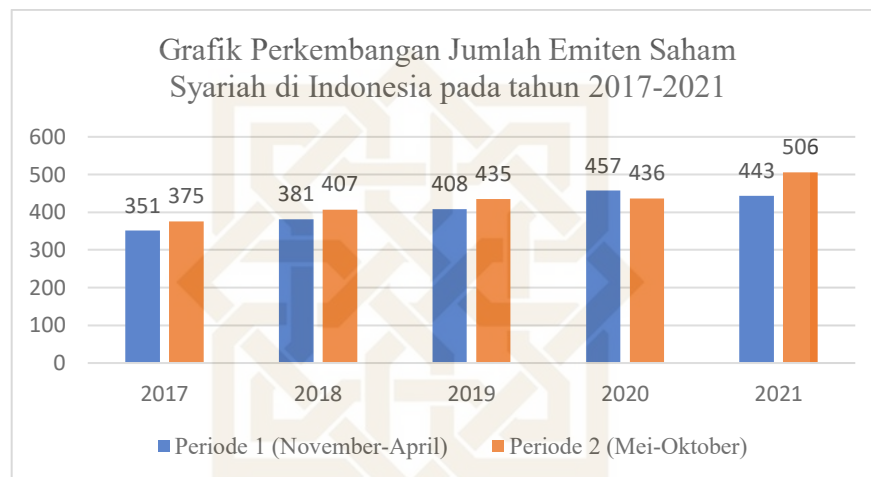
1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia semakin berkembang setiap tahunnya. Menurut Todaro (2005), pertumbuhan ekonomi sebagai sebuah proses peningkatan *output* secara berkelanjutan, menjadi salah satu indikator utama untuk mengukur keberhasilan pembangunan suatu negara. Di Indonesia, sektor pemerintah memiliki peran penting dalam sejarah perekonomian. Peran ini diwujudkan melalui pelaksanaan kebijakan fiskal untuk mencapai tujuan utama pembangunan, yaitu pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan mengendalikan inflasi (Wihastuti, 2008). Untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan pengendalian inflasi tersebut, maka diperlukan adanya kegiatan berinvestasi.

Investasi adalah komitmen terhadap sejumlah dana atau sumber daya tertentu yang dilakukan pada saat ini dengan tujuan mendapatkan keuntungan di masa depan (Putra, 2018). Tujuan berinvestasi adalah mendapatkan tingkat keuntungan yang tinggi dengan risiko yang rendah. Dalam pelaksanaannya, investasi biasanya dikaitkan dengan penanaman uang terhadap berbagai macam aset baik yang berupa aset real (*real assets*) seperti emas, properti, tanah ataupun yang berbentuk aset finansial (*financial assets*) seperti obligasi, reksadana, saham, deposito, opsi, dan lain-lain (Tandelilin, 2010). Dalam hal ini, seorang investor harus memilih instrumen yang sesuai dengan risiko dan jangka waktunya. Salah satunya adalah investasi pada aset finansial yang berupa saham, dimana saham ini dapat memberikan peluang pertumbuhan modal secara signifikan seiring dengan perkembangan perusahaan.

Menurut Husnan (2005) dan Hermuningsih (2018), saham adalah instrumen keuangan yang menunjukkan kepemilikan atas suatu perusahaan, sehingga pemegang saham (pemodal) memiliki hak untuk menerima dividen dan mendapatkan bagian dari kekayaan perusahaan tersebut, serta menjalankan hak-haknya sebagai pemodal sesuai dengan aturan dan ketentuan yang berlaku.

Berdasarkan jumlah emiten saham syariah di Indonesia, tren saham syariah di Indonesia mengalami peningkatan pada periode 2017-2021. Hal ini dapat dilihat dari kenaikan pada grafik berikut. Periode 1 bermakna *review* emiten saham pada bulan November-April. Sedangkan periode 2 bermakna *review* emiten saham pada bulan Mei-Oktober.



Sumber: Diolah dari <https://www.idx.co.id/id>

Gambar 1. 1 Grafik perkembangan jumlah emiten saham syariah di Indonesia pada tahun 2017-2021 (Fauziah & Ibrahim, 2022)

Grafik di atas menunjukkan bahwa perkembangan jumlah emiten saham syariah memiliki kecenderungan yang meningkat setiap tahunnya walaupun terdapat penurunan pada tahun 2020 (Fauziah & Ibrahim, 2022). Selain itu, tren saham meningkat ini juga didorong oleh *demand* investor muslim yang terus bertambah serta tumbuhnya kesadaran di kalangan pebisnis muslim untuk memilih produk keuangan yang sesuai dengan prinsip-prinsip islam (Mubarok et al., 2017). Sekumpulan saham yang sesuai dengan hukum islam disebut dengan portofolio saham syariah. Sementara itu, tujuan dari portofolio saham syariah ini adalah untuk mengelola risiko dan meningkatkan potensi keuntungan melalui diversifikasi (penyebaran) saham.

Dalam melakukan diversifikasi (penyebaran) saham, para investor harus membentuk portofolio saham dengan tepat sehingga dapat mengurangi tingkat risikonya. Pembentukan portofolio ini dapat menggunakan analisis kluster dalam

pengelompokan sahamnya. Analisis kluster adalah salah satu analisis statistika yang digunakan untuk mengelompokkan objek-objek menjadi beberapa kelompok berdasarkan kesamaan atau perbedaan karakteristik antar kelompok. Setiap kelompok yang terbentuk memiliki kemiripan sehingga variasi di dalam kelompok tersebut sangatlah kecil. Objek-objek yang terbentuk dalam satu kelompok mempunyai keterkaitan yang lebih dekat dibandingkan dengan objek-objek dalam kelompok lain (Gubu et al., 2019). Terdapat dua hal yang mendasar dari analisis kluster yaitu mengukur kesamaan jarak dan menentukan jumlah kelompok. Dalam pembentukan kelompok, ada 2 teknik yang digunakan pada analisis kluster yaitu teknik hirarki dan non-hirarki. Pada penelitian ini akan menggunakan analisis kluster non-hirarki yaitu dengan metode K-Means. Metode ini dalam pengelompokannya menggunakan pendekatan nilai risiko dan *expected return* pada masing-masing saham syariahnya.

Para investor tentunya ingin mengoptimalkan keuntungan dan meminimalkan risiko pada portofolio sahamnya. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan optimisasi portofolio saham. Terdapat berbagai metode dalam optimisasi portofolio saham, salah satunya adalah *Quadratic Programming* (QP). Metode tersebut digunakan untuk menyelesaikan permasalahan program non-linier, dimana fungsi tujuan berbentuk kuadratik dan fungsi kendala berbentuk linier (Rianingsih et al., 2017). Penyelesaian dari metode QP ini adalah memperoleh nilai optimal dari fungsi tujuan. Nilai optimal inilah yang nantinya akan menentukan hasil pembobotan dari portofolio saham.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai optimisasi portofolio saham syariah dengan judul “Optimisasi Portofolio Saham Syariah Menggunakan *Quadratic Programming* (QP) dengan Pengelompokan Analisis Kluster”. Penelitian ini menggunakan data harga penutupan saham syariah yang telah disesuaikan (*adjusted closing price*) secara mingguan pada *Jakarta Islamic Index 70* (JII70) periode 2022-2024. Skripsi ini menjelaskan cara pengelompokan portofolio saham syariah menggunakan analisis kluster. Selanjutnya, pembahasan mengenai pemodelan portofolio saham

syariah menggunakan metode QP. Setelah itu, dilanjutkan dengan analisis risiko dan hasil pembobotan portofolio saham syariah menggunakan salah satu metode optimisasi saham yaitu metode QP. Pembahasan skripsi ini diakhiri dengan perbandingan kinerja portofolio yang telah terbentuk menggunakan *Sharpe Ratio*.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengelompokan portofolio saham syariah menggunakan analisis kluster?
2. Bagaimana pemodelan portofolio saham syariah menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP)?
3. Bagaimana perhitungan risiko dan hasil pembobotan portofolio saham syariah menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP)?
4. Bagaimana perbandingan kinerja portofolio menggunakan *Sharpe Ratio*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan menganalisis pengelompokan portofolio saham syariah menggunakan analisis kluster.
2. Mengetahui dan menganalisis pemodelan portofolio saham syariah menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP).
3. Menganalisis perhitungan risiko dan hasil pembobotan portofolio saham dengan menggunakan *Quadratic Programming* (QP).
4. Mengetahui perbandingan kinerja portofolio menggunakan *Sharpe Ratio*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Bagi akademisi

- a. Menambah pengetahuan mengenai pembentukan portofolio saham syariah yang optimal.
 - b. Menambah pengetahuan mengenai langkah-langkah pembentukan portofolio yang optimal menggunakan QP dengan pengelompokan analisis kluster non-hirarki yaitu dengan metode K-Means.
2. Bagi investor
- a. Menambah pengetahuan dan informasi dalam mengoptimalkan keuntungan dari portofolio sahamnya.
 - b. Menambah pengetahuan bagi calon investor dalam menentukan alokasi dana pada portofolio sahamnya.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan saham syariah yang telah disesuaikan (*adjusted closing price*) secara mingguan pada *Jakarta Islamic Index* (JII) periode 2022-2024.
- 2. Pengelompokan portofolio saham syariah menggunakan analisis kluster non-hirarki dengan metode K-Means.
- 3. Pembentukan portofolio optimal menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP).
- 4. Menggunakan bantuan *software Microsoft Office Excel*, Rstudio dan Matlab.

1.6. Tinjauan Pustaka

Landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan skripsi ini diperoleh dari berbagai referensi, seperti buku, makalah, jurnal dan skripsi.

- 1. Jurnal penelitian karya (Mussafi & Ismail, 2021) yang berjudul “**Optimum Risk-Adjusted Islamic Stock Portfolio Using the Quadratic Programming Model: An Empirical Study in Indonesia**”. Jurnal ini membahas mengenai optimisasi portofolio saham syariah menggunakan

Quadratic Programming (QP) dengan pengelompokan portofolio sahamnya menggunakan analisis teknikal. Kesimpulan dari jurnal ini yaitu diperoleh portofolio saham syariah yang optimal dengan tingkat minimum risiko 2,86% serta hasil pembobotan dari portofolio optimal tersebut.

2. Jurnal karya (Yousfat, 2015) yang berjudul **“The Portfolio Selection by Using Quadratic Programming Approach Case Study of Malaysia Stock Exchange”**. Jurnal ini membahas mengenai optimisasi bursa saham Malaysia menggunakan *Quadratic Programming* (QP). Kesimpulan dari jurnal ini yaitu diperoleh portofolio optimal saham Malaysia beserta hasil pembobotannya dengan peningkatan *return* portofolio sebesar 1% dan peningkatan risiko sebesar 0,226%.
3. Jurnal karya (Ridwan & Supian, 2021) yang berjudul **“IDX30 Stocks Clustering with K-Means Algorithm based on Expected Return and Value at Risk”**. Jurnal ini membahas tentang klasifikasi saham IDX30 menggunakan pengelompokan K-Means. Dalam jurnal ini dapat disimpulkan bahwa saham IDX30 dapat dibentuk menjadi 2 klaster dengan nilai risiko yang berbeda.
4. Jurnal karya (Zain et al., 2025) yang berjudul **“Cluster Analysis of K-Means and Ward Method in Forming A Robust Portfolio : An Empirical Study of Jakarta Islamic Index”**. Pada jurnal ini membahas mengenai perbandingan antara metode K-Means dan Ward pada portofolio robust. Dalam jurnal ini dapat disimpulkan bahwa pengelompokan saham syariah menggunakan K-Means dan Ward dibentuk menjadi 2 klaster serta hasil dari portofolio optimal menggunakan metode Ward lebih baik kinerjanya dibandingkan dengan metode K-Means.

Penjelasan lebih detail mengenai persamaan dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya akan disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan dan Perbedaan
Noor Saif Muhammad Mussafi dan Zuhaimy Ismail (2021)	Optimum Risk-Adjusted Islamic Stock Portfolio Using the Quadratic Programming Model: An Empirical Study in Indonesia	Persamaan pada jurnal ini adalah metode optimisasi yang digunakan dalam membentuk portofolio optimal yaitu metode <i>Quadratic Programming</i> (QP). Perbedaannya terletak pada periode data yang digunakan yaitu 1 Juni 2016 – 31 Mei 2019 serta metode pengelompokan portofolio yaitu analisis teknikal yang didasarkan dengan 4 (empat) indikator risiko investasi.
Ali Yousfat (2015)	The Portfolio Selection by Using Quadratic Programming Approach Case Study of Malaysia Stock Exchange	Persamaannya terletak pada metode optimisasi yang digunakan yaitu metode <i>Quadratic Programming</i> (QP). Perbedaannya terletak pada data yang digunakan yaitu sepuluh perusahaan terbesar di bursa saham Malaysia.

Ahmad Fawaid Ridwan, Subiyanto dan Sudradjat Supian (2021)	IDX30 Stocks Clustering with K-Means Algorithm based on Expected Return and Value at Risk	Persamaannya terletak pada penggunaan metode K-Means untuk pengelompokan saham. Perbedaannya yaitu tidak adanya hasil pembobotan portofolio saham optimal, menggunakan bahasa pemrograman Python serta data yang digunakan yaitu saham IDX30.
Zuva Amalina Zain, Noor Saif Muhammad Mussafi dan Epha Diana Supandi (2025)	Cluster Analysis of K-Means and Ward Method in Forming A Robust Portfolio : An Empirical Study of Jakarta Islamic Index	Persamaannya yaitu penggunaan K-Means dengan <i>Silhouette Index</i> untuk pengelompokan saham syariah JII70. Perbedaannya terletak pada optimisasi saham syariahnya menggunakan metode <i>Quadratic Programming</i> (QP).

Pada jurnal penelitian yang dilakukan oleh Noor Saif Muhammad Mussafi dan Zuhaimy Ismail (2021) serta penelitian oleh Ali Yousfat (2015) memiliki persamaan pada metode optimisasi portofolio saham yang digunakan yaitu metode QP dan yang membedakan adalah data saham yang digunakan serta metode pengelompokan portofolio sahamnya menggunakan analisis klaster yaitu metode K-Means. Sementara itu, dalam penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Fawaid Ridwan, Subiyanto dan Sudradjat Supian (2021) serta penelitian oleh Zuva Amalina Zain, Noor Saif Muhammad Mussafi dan Epha Diana Supandi (2025) memiliki persamaan yaitu mengelompokkan saham menggunakan analisis klaster K-Means dan yang membedakan yaitu pada data saham yang digunakan serta akan

ditambahkan dengan hasil pembobotan portofolio saham dengan menggunakan metode QP.

Penelitian ini menggunakan referensi utama dari penelitian yang dilakukan oleh Noor Saif Muhammad Mussafi dan Zuhaimy Ismail dengan judul “Optimum Risk-Adjusted Islamic Stock Portfolio Using the Quadratic Programming Model: An Empirical Study in Indonesia”. Perbedaan antara penelitian ini dengan referensi utama terletak pada data saham yang digunakan serta metode pengelompokan portofolio sahamnya. Pada penelitian ini menggunakan analisis kluster yaitu K-Means untuk pengelompokan portofolio sahamnya menggunakan bantuan Rstudio. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan referensi utama dari penelitian yang dilakukan oleh Zuva Amalina Zain, Noor Saif Muhammad Mussafi dan Epha Diana Supandi dengan judul “Cluster Analysis of K-Means and Ward Method in Forming A Robust Portfolio : An Empirical Study of Jakarta Islamic Index”. Perbedaan antara penelitian ini dengan referensi utama terletak pada periode data saham yang digunakan serta metode dalam membentuk portofolio optimalnya. Pada penelitian ini menggunakan metode QP dalam optimisasi portofolionya dan akan ditambahkan juga hasil pembobotan dari portofolio saham tersebut.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang menyeluruh dan mempermudah pemahaman terhadap isi penelitian, sistematika skripsi secara umum disusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini membahas mengenai investasi, saham, portofolio, *return*, risiko, analisis kluster, *Quadratic Programming* (QP), dan kinerja portofolio.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang jenis data yang digunakan dalam penelitian, alat dan metode yang digunakan untuk mengolah data serta *flowchart* penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan inti dari penelitian yaitu hasil dari pengelompokan portofolio saham syariah menggunakan analisis klaster dengan metode K-Means, pemodelan portofolio saham syariah menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP), perhitungan risiko dan hasil pembobotan portofolio saham syariah menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP), serta perbandingan kinerja portofolio menggunakan *Sharpe Ratio*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengelompokan portofolio saham syariah menggunakan analisis kluster K-Means menghasilkan 3 kluster, yaitu 5 saham pada kluster 1, hanya 1 saham pada kluster 2 dan 9 saham pada kluster 3. Hasil klasterisasi ini dijadikan pertimbangan dalam pembentukan portofolio. Akan tetapi, pada penelitian ini dibentuk menjadi 2 portofolio saja dikarenakan pada kluster 2 memiliki kategori saham yang *high risk and low return* sehingga berpotensi merugikan calon investor. Selain itu, kluster 2 ini hanya terdiri dari 1 saham (*single stock*) sehingga berbanding terbalik dengan definisi portofolio yang harus terdiri dari beberapa saham atau lebih dari 1 saham. Portofolio 1 terdiri dari 5 emiten saham syariah, yaitu BRIS, BRMS, DSNG, TPIA, dan WIFI. Sementara itu, untuk portofolio 2 terdiri dari 9 emiten saham syariah, yaitu ADRO, ELSA, ERAA, ICBP, INDF, ISAT, JPFA, PTBA, dan UNTR.
2. Metode *Quadratic Programming* (QP) dapat digunakan untuk memodelkan portofolio saham syariah, yaitu dengan menyusun fungsi tujuan dan fungsi kendala. Komponen dari fungsi tujuan adalah nilai matriks varians-kovarians portofolio yang diperoleh dari nilai *return* dan risiko antara sebarang dua saham. Sementara itu, salah satu komponen dari fungsi kendala berupa nilai rata-rata geometris portofolio. Pemodelan portofolio saham syariah dirumuskan sebagai berikut:

Meminimumkan: $\frac{1}{2}w^T Hw + c^T w$

Dengan kendala: $Aw = b,$

$Cw \geq d,$

$w \geq 0$

3. Hasil perhitungan risiko dan pembobotan portofolio saham syariah menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP) adalah sebagai berikut:

a. Portofolio 1

Nilai risiko portofolio yang diperoleh melalui bantuan Matlab yaitu sebesar 2.0180745% per tahun dengan nilai *return* portofolio sebesar 0.64085% per tahun. Untuk hasil pembobotan dari portofolio 1 disajikan dalam tabel berikut:

Kode Saham	Hasil Pembobotan
BRIS	32.14%
BRMS	9.33%
DSNG	38.42%
TPIA	9.88%
WIFI	10.22%

b. Portofolio 2

Nilai risiko portofolio yang diperoleh melalui bantuan Matlab yaitu sebesar 1.1477802% per tahun dengan nilai *return* portofolio sebesar 0.19661% per tahun. Untuk hasil pembobotan dari portofolio 2 disajikan dalam tabel berikut:

Kode Saham	Hasil Pembobotan
ADRO	9.94%
ELSA	11.68%
ICBP	14.08%
INDF	37.09%
ISAT	11.05%
JPFA	7.82%
PTBA	6.28%
UNTR	2.08%

Misalnya, seorang investor memiliki dana Rp 100.000.000. Maka dari itu, yang bersangkutan dapat mempertimbangkan untuk berinvestasi kepada 5 saham yang terpilih pada portofolio 1, yaitu BRIS, BRMS, DSNG, TPIA, dan WIFI. Dengan demikian, investor tersebut akan mengalokasikan dana investasinya sebesar Rp 38.420.000 untuk saham DSNG, Rp 32.140.000 untuk saham BRIS, Rp 10.220.000 untuk saham WIFI, Rp 9.880.000 untuk saham TPIA, dan Rp 9.330.000 untuk saham BRMS. Jika pilihan tersebut dilakukan, maka investor akan menanggung risiko sebesar 2.0180745%.

4. Perbandingan kinerja portofolio menggunakan *Sharpe Ratio* adalah sebagai berikut:

Portofolio	Return portofolio	Risiko portofolio	<i>Risk-free Rate</i> (R_f)	<i>Sharpe Ratio</i>
1	0.0064085	0.0201807	0.0011418	0.2609773
2	0.0019661	0.0114778		0.0718171

Berdasarkan hasil perbandingan kinerja portofolio pada tabel di atas, diperoleh bahwa portofolio 1 memiliki kinerja yang lebih unggul daripada portofolio 2. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Sharpe Ratio* dari portofolio 1 (0.2609773) lebih tinggi dibandingkan portofolio 2 (0.0718171).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat menggunakan metode lain untuk mengelompokkan sahamnya seperti K-Medoids dan *fuzzy clustering*.
2. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat menggunakan metode optimisasi portofolio yang lain seperti *Downside Deviation Quadratic Programming* (DDQP) atau yang lainnya.

3. Bagi para investor, di samping merujuk pada analisis fundamental dapat juga mempertimbangkan hasil-hasil pada analisis teknikal agar diperoleh sudut pandang yang komprehensif.



DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. M. (2020). *Manajemen Investasi dan Portofolio*.
- Afriana, M., Nugroho, S., & Faisal, F. (2015). *Penentuan Awal Keanggotaan Analisis Klaster Non Hirarki (K-Means)*. C, 2–5. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61836-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61836-X).
- Anton, H., & Rorres, C. (2014). *Elementary linear algebra with application* (11th ed.). Wiley.
- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2020). *Investments, Fifth Edition*. vii.
- Dawis, A. M., Meylani, Y., Heryana, N., Alfathoni, M. A. M., Sriwahyuni, E., Ristiyana, R., Januarsari, Y., Wiratmo, P. A., Dasman, S., Mulyani, S., Agit, A., Shoffa, S., & Baali, Y. (2023). *Pengantar Metodologi Penelitian*.
- Effendi, M. (2018). Analisis risiko sistematis dan risiko tidak sistematis terhadap expected return saham dalam pembentukan portofolio optimal indeks saham LQ45. *Jurnal Manajerial Bisnis*, 2(2), 178–193.
- Fauziah, H. M., & Ibrahim, M. A. (2022). *Investasi Saham Syariah dalam Perspektif Fikih Muamalah*. 113–118.
- Ghaisani, S. Y., Hikmah, N., Prasetyo, A. H., & Widodo, E. (2019). Analisis Cluster Hirarki Untuk Pengelompokan Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Indikator Demokrasi Indonesia Tahun 2016. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika Dan Pembelajarannya (KNPMP) IV, Idi*.
- Gondzio, J. (2016). *Interior Point Methods for Convex Quadratic Programming* Jacek. June.
- Gubu, L., Rosadi, D., & Abdurakhman. (2019). Classical portfolio selection with cluster analysis: Comparison between hierarchical complete linkage and Ward algorithm. *AIP Conference Proceedings*, 2192(December). <https://doi.org/10.1063/1.5139174>
- Harlow, & Rao. (2016). Portfolio Performance Evaluation: A Comparison of the Sharpe and Treynor Indices. *Journal of Financial Planning*, 29 (1), 50–58.
- Hartati, N. (2021). Investasi Saham Syariah di Bursa Efek Indonesia dalam Perspektif Hukum Ekonomi Syariah. *Jurnal Hukum Ekonomi Syariah*, 05.
- Hermuningsih, S., Rahmawati, A. D., & Mujino. (2018). *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Return Saham*. September, 78–89.
- Iis, I., Yahya, I., A, G. N., Wibawa, W., Baharuddin, B., Ruslan, R., & Laome, L. (2022). Penggunaan Korelasi Cophenetic Untuk Pemilihan Metode Cluster Berhierarki Pada Mengelompokkan Kabupaten/Kota Berdasarkan Jenis Penyakit Di Provinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2020. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Terapan (Sinta)*, VI(April), 1–16.

- John W, C. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Lestari, M. (2012). Aset Keuangan (Modul: Bank dan Lembaga Keuangan Non Bank). In *Eksi4205/Modul 1*. Universitas Terbuka.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
- Mubarok, F. K., Darmawan, A. R., & Luailiyah, Z. (2017). Optimalisasi Portofolio Nilai Saham: Studi Komparasi Kinerja Saham Syariah dan Nonsyariah. *Economica: Jurnal Ekonomi Islam*, 8(2), 309–336. <https://doi.org/10.21580/economica.2017.8.2.2368>
- Muktiadji, G. (2018). Analisis Proporsi Modal Dengan Tingkat Imbal Hasil Dan Resiko Terhadap Pembentukan Portofolio Efisien. *Researchgate.Net*, July 2014. https://www.researchgate.net/profile/Nusa-Muktiadji/publication/326679477_Analisis_Proporsi_Modal_Dengan_Tingkat_Imbal_Hasil_dan_Resiko_Terhadap_Pembentukan_Portofolio_Efisien/links/5b5e368b0f7e9bc79a6e50e2/ANALISIS-PROPORSI-MODAL-DENGAN-TINGKAT-IMBAL-HAS
- Mulyanti, D. (2017). Manajemen Keuangan Perusahaan. *Jurnal Ilmiah Akuntansi*, 8, 62–71.
- Mussafi, Noor Saif Muhammad Aziz, N. A. B., & Ismail, Z. (2022). Downside deviation quadratic programming for stock portfolio optimisation: an empirical study of Shariah and conventional indices in Indonesia. *Afro-Asian J. of Finance and Accounting*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1504/aajfa.2022.10053241>
- Mussafi, N. S. M. (2014). Metode Optimasi Portofolio Saham Syariah Menggunakan Nonlinear Programming pada Pasar Modal Syariah di Indonesia. In *Jurnal Sains dan Matematika* (Vol. 22, pp. 40–47).
- Mussafi, N. S. M. (2017). Analisis Risk Asset Portfolio Berbasis Reward To Variability Pada Saham Syariah Di Indonesia Menggunakan Nonlinear Programming. *Jurnal Matematika "MANTIK,"* 3(2), 57–64. <https://doi.org/10.15642/mantik.2017.3.2.57-64>
- Mussafi, N. S. M., & Ismail, Z. (2021). Optimum Risk-Adjusted Islamic Stock Portfolio Using the Quadratic Programming Model: An Empirical Study in Indonesia. *Journal of Asian Finance Economics and Business*, 8(5), 839–850. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no5.0839>
- Nugrahaeni, I., Perdana, H., Satyahadewi, N., Nugrahaeni, I., & Perdana, H. (2024). Perbandingan Value at Risk dan Expected Shortfall pada Portofolio Optimal menggunakan Metode Downside Deviation Perbandingan Value at Risk dan Expected Shortfall pada Portofolio Optimal menggunakan Metode Downside Deviation. 6(2), 176–181.

- Nurfitri Imro'ah, I. A. N. N. D. (2019). Analisis Cluster Non-Hirarki Dengan Metode K-Modes. *Bimaster : Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 8(4), 909–916. <https://doi.org/10.26418/bbimst.v8i4.36633>
- Petrovic, S. (2006). A Comparison Between the Silhouette Index and the Davies-Bouldin Index in Labelling IDS Clusters. *11th Nordic Workshop on Secure IT-Systems*, 53–64. https://xp-dev.com/svn/b_frydrych.../silhouetteIndexRegulaStopu.pdf
- Potra, F. A., & Wright, S. J. (2000). Interior-Point Methods. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 124(1–2), 1–21. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-0427\(00\)00433-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-0427(00)00433-7)
- Putra, T. W. (2018). *Jurnal Ulumul Syar'i, Desember 2018* (Vol. 7, Issue 2).
- Rachmatin, D. (2014). Aplikasi Metode-Metode Agglomerative Dalam Analisis Klaster Pada Data Tingkat Polusi Udara. *Infinity Journal*, 3(2), 133. <https://doi.org/10.22460/infinity.v3i2.59>
- Rachmatin, D., & Sawitri, K. (2019). Perbandingan antara metode agglomeratif, metode divisif dan metode k-means dalam analisis klaster. *Seminar Nasional Matematika UNPAR*, 1, 9–17. <http://eprints.itenas.ac.id/157/>
- Rahmawati, Y. (2018). Relevansi Nilai Pengetahuan tentang Investasi dan Manfaatnya bagi Investor Kelompok Mahasiswa FEBI IAIN Ponorogo. *ACTIVA: Jurnal Ekonomi Syariah*, 1(2), 58–74. www.idx.co.id,
- Rianingsih, W., Hasan, M., & Pradjaningsih, A. (2017). Optimasi Portofolio dengan Menggunakan Pemrograman Kuadratik (Portfolio Optimization by Quadratic Programming). *Majalah Ilmiah Matematika Dan Statistika*, 17, 67–78. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/MIMS/index>
- Ridwan, A. F., & Supian, S. (2021). *ID30 Stocks Clustering with K-Means Algorithm based on Expected Return and Value at Risk*, 2(4), 201–208.
- Safelia, N. (2012). Konsep Dasar Keputusan Investasi Dan Portofolio. *Jurnal Manajemen Terapan Dan Keuangan*, 1(3), 217–226. <https://doi.org/10.22437/jmk.v1i3.1839>
- Suhaeni, C., Kurnia, A., & Ristiyanti, R. (2018). Perbandingan Hasil Pengelompokan menggunakan Analisis Cluster Berhirarki, K-Means Cluster, dan Cluster Ensemble (Studi Kasus Data Indikator Pelayanan Kesehatan Ibu Hamil). *Jurnal Media Infotama*, 14(1). <https://doi.org/10.37676/jmi.v14i1.469>
- Supandi, E. D., & Anggara, Y. (2023). Analisis Klaster dalam Pembentukan Portofolio Robust Mean-Variance. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.24014/jsms.v9i1.19003>
- Syafiyah, U., Asrafi, I., Wicaksono, B., Puspitasari, D. P., & Sirait, M. (2022). Analisis Perbandingan Metode Cluster Data Indikator Ketenagakerjaan di Jabar Tahun 2020. *Seminar Nasional Official Statistics, 2022*, 803–812.

<https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2022i1.1221>

- Tandelilin, E. (n.d.). *Dasar-dasar Manajemen Investasi*. 1–34.
- Wihastuti, L. (2008). Pertumbuhan Ekonomi Indonesia: Determinan dan Prospeknya. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*, 9(1), 30660.
- Yousfat, A. (2015). The portfolio selection by using quadratic programming approach case study of Malaysia stock exchange. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(4), 1361–1369.
- Zain, Z. A., Saif, N., Mussafi, M., & Supandi, E. D. (2025). *Cluster Analysis of K-Means and Ward Method in Forming A Robust Portfolio : An Empirical Study of Jakarta Islamic Index*. 19(1), 537–546.