

**IMPLEMENTASI PEMILIHAN PORTOFOLIO OPTIMAL
MENGUNAKAN METODE KLASTERISASI *K-MEANS*
DAN *MEAN VARIANCE EFFICIENT PORTOFOLIO* (MVEP)
(Studi Kasus Indeks Saham LQ45)**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Matematika*



Oleh

Evonia R. Hutajulu

NIM. 2109414

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

**IMPLEMENTASI PEMILIHAN PORTOFOLIO OPTIMAL
MENGUNAKAN METODE KLASTERISASI *K-MEANS*
DAN *MEAN VARIANCE EFFICIENT PORTFOLIO* (MVEP)
(Studi Kasus Indeks Saham LQ45)**

Oleh

Evonia R. Hutajulu

NIM. 2109414

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika
pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Evonia R. Hutajulu 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2025

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

EVONIA R. HUTAJULU (2109414)

IMPLEMENTASI PEMILIHAN PORTOFOLIO OPTIMAL
MENGUNAKAN METODE KLASTERISASI *K-MEANS*
DAN *MEAN VARIANCE EFFICIENT PORTOFOLIO* (MVEP)
(Studi Kasus Indeks Saham LQ45)

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si.

NIP. 196909291994122001

Pembimbing II

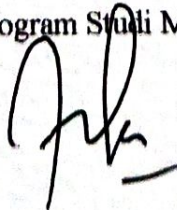


Fitriani Agustina, S.Si., M.Si.

, NIP. 198108142005012001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yullanti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Pemilihan Portofolio Optimal Menggunakan Metode Klasterisasi *K-Means* dan *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Evonia R. Hutajulu

NIM 2109414

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Adapun judul dari skripsi ini yaitu “Implementasi Pemilihan Portofolio Optimal Menggunakan Metode Klasterisasi *K-Means* dan *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP). Skripsi ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana implementasi metode klasterisasi dapat membantu pemilihan suatu portofolio, berapa besar persentase bobot untuk setiap saham dan mengevaluasi kinerja portofolio berdasarkan metode pendekatan dalam pembentukannya dengan mengukur efektivitas diversifikasi dalam portofolio tersebut.

Skripsi ini terdiri dari beberapa bagian. Pertama, dibahas latar belakang terkait pentingnya efektivitas pemilihan portofolio sebagai strategi mencapai tujuan investasi berdasarkan kondisi investasi di Indonesia dan rumusan masalah serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan, kemudian diuraikan kajian teori sesuai dengan judul secara lebih terperinci dilanjutkan dengan metodologi penelitian tentang bagaimana masalah akan diselesaikan melalui beberapa tahapan dalam proses pengelompokan/klasterisasi, memformulasikan model, dan menyelesaikan sesuai dengan tahapan algoritma yang digunakan.

Penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, baik dalam pengumpulan data maupun saran dan masukan berharga. Oleh karena itu, izinkan saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi para investor sebagai acuan dalam berinvestasi saham dan peneliti selanjutnya sebagai bahan acuan dan rujukan dalam penelitian.

Bandung, 22 Juli 2025



Evonia R. Hutajulu

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji serta syukur atas kehadiran dan pertolongan Tuhan Yesus Kristus, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat sesuai jadwal yang ditentukan. Karena pencapaian tersebut, saya berkeinginan mengungkapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yth Ibu Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.
2. Yth Ibu Fitriani Agustina, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.
3. Yth Ibu Dra. Hj. Rini Marwati, M.S. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bantuan selama menjalani masa perkuliahan di UPI.
4. Yth Ibu Dr. Kartika Yulianti, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Yth Bapak Drs. Nar Herrhyanto, M.Pd., selaku Ketua Kelompok Bidang Keahlian Statistika, Program Studi S1 Matematika, UPI.
6. Yth Bapak/Ibu Staff dan Civitas Akademik Universitas Pendidikan Indonesia yang turut membantu kelancaran perkuliahan di UPI.
7. Ibu Lumongga Silalahi dan Alm. Bapak Daslon Hutajulu selaku orang tua penulis yang telah mendedikasikan cinta, waktu, tenaga, materi, dan doa untuk penulis dalam menempuh masa perkuliahan hingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu.
8. Vivin Hutajulu, Delita Hutajulu, Fitrie Hutajulu, Putra Hutajulu, Veni Agave Hutajulu, Ivonia R. Hutajulu dan seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan memotivasi penulis dalam menempuh perkuliahan hingga penyusunan skripsi agar dapat diselesaikan tepat waktu.

9. Rekan-rekan mahasiswa Matematika UPI 2021 khususnya teman-teman terkasih STTR, Kelas Matematika C 2021 yang telah memberikan motivasi, dukungan dan kebersamaan penulis selama menempuh dunia perkuliahan.
10. Abigail Febe Christine dan Erlianna, selaku mentor rohani dan keluarga PA yang selalu mendukung dalam doa dan kebersamaan pertumbuhan rohani penulis selama menempuh masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini diselesaikan.
11. Rekan-rekan terkasih Victory Ministry yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama menempuh masa perkuliahan.
12. Pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menempuh perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini.

Bandung, 22 Juli 2025



Evonia R. Hutajulu

NIM 2109414

ABSTRAK

Investasi saham merupakan penanaman modal di pasar modal dengan tujuan memperoleh keuntungan, namun disertai risiko yang perlu dikelola. Salah satu strategi untuk meminimalkan risiko adalah membentuk portofolio, yaitu kombinasi saham yang dipilih secara strategis guna memaksimalkan imbal hasil pada tingkat risiko tertentu. Dalam kondisi pasar yang fluktuatif, diversifikasi risiko dalam pemilihan portofolio optimal menjadi sangat penting. Penelitian ini menerapkan metode klasterisasi hibrida dan *Mean Variance Efficient Portofolio* (MVEP) untuk membentuk dan mengoptimalkan portofolio yang efisien. Sebanyak 36 saham dari Indeks LQ45 periode Januari 2023 hingga Desember 2024 dikelompokkan berdasarkan karakteristik historis imbal hasil dan risiko menggunakan algoritma *Centroid Linkage* dan *K-Means Clustering*. Selanjutnya, dibentuk kombinasi portofolio beda klaster, sama klaster, dan tanpa klasterisasi, yang kemudian dioptimalkan menggunakan MVEP dengan kendala larangan *short-selling* ($w_i > 0$) dan $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. Evaluasi kinerja menggunakan *sharpe ratio* menunjukkan bahwa portofolio dari klaster yang sama memiliki kinerja terbaik dengan nilai *sharpe ratio* tertinggi sebesar 0,9034. Sementara itu, portofolio dari klaster sama menunjukkan efektivitas diversifikasi lebih baik dengan rata-rata korelasi antar saham terendah sebesar 0,0024. Portofolio tanpa klasterisasi menunjukkan performa terendah dengan nilai *sharpe ratio* sebesar -0,5312. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan klasterisasi meningkatkan efektivitas optimisasi portofolio menggunakan MVEP, serta memperkuat pentingnya diversifikasi berdasarkan karakteristik saham.

Kata Kunci: Optimisasi Portofolio, *K-Means*, *Centroid Linkage*, MVEP

ABSTRACT

Stock investment is a form of capital placement in the capital market with the aim of generating future returns, but it also involves risks that must be managed. One strategy to minimize risk is by constructing a portfolio, which is a strategic combination of selected stocks aimed at maximizing returns at a certain level of risk. In a volatile market environment, risk diversification in the selection of an optimal portfolio becomes essential. This study applies a hybrid clustering method and the Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) approach to construct and optimize an efficient portfolio. A total of 36 stocks from the LQ45 Index for the period January 2023 to December 2024 were grouped based on historical return and risk characteristics using the Centroid Linkage and K-Means Clustering algorithms. Subsequently, portfolio combinations were formed across clusters, within clusters, and without clustering, and then optimized using MVEP under the constraints of no short-selling ($w_i > 0$) and $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. Performance evaluation using the Sharpe Ratio shows that the portfolio formed within the same cluster achieved the best performance, with the highest Sharpe Ratio of 0,9034. Meanwhile, the cross-cluster portfolio demonstrated better diversification effectiveness with the lowest average inter-stock correlation of 0,0024. The non-clustered portfolio showed the weakest performance with a Sharpe Ratio of $-0,5312$. These findings indicate that the application of clustering enhances the effectiveness of portfolio optimization using MVEP and reinforces the importance of diversification based on stock characteristics.

Keywords: Portfolio Optimization, K-Means, Centroid Linkage, MVEP

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	9
1.3 Rumusan Masalah	9
1.4 Tujuan Penulisan.....	9
1.5 Manfaat Penulisan.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Investasi	11
2.2 Pasar Modal	12
2.2.1 Fungsi Pasar Modal.....	13
2.2.2 Instrumen Pasar Modal	13
2.3 Bursa Efek Indonesia (BEI)	15
2.4 Saham.....	15
2.4.1 Jenis-jenis Saham.....	15
2.4.2 Macam-macam Nilai Saham.....	17
2.5 Imbal Hasil (<i>Return</i>)	18
2.6 Risiko	20
2.7 Indeks Harga Saham	20
2.8 Portofolio	22

2.9 Model Mean Variance.....	24
2.10 <i>Mean Variance Efficient Portofolio</i> (MVEP)	30
2.11 Kendala Tambahan	33
2.12 Difersifikasi Portofolio	34
2.13 Analisis Klaster.....	34
2.13.1 Analisis Klaster Hierarki.....	36
2.13.2 Klasterisasi dengan Metode <i>K-Means Clustering</i>	41
2.13.3 Indeks Validitas.....	42
2.14 <i>Sharpe Ratio</i>	45
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1 Desain Penelitian	47
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	47
3.3 Variabel Penelitian.....	48
3.4 Prapemrosan Data	49
3.5 Klasterisasi Hibrida.....	50
3.5.1 Algoritma <i>Centroid Linkage</i>	51
3.5.2 Algoritma <i>K-Means Clustering</i> dan Optimisasi Portofolio Model <i>Mean-Variance Efficient Portofolio</i> (MVEP)	52
3.6 Perhitungan Bobot Saham Menggunakan Metode MVEP.....	54
3.7 Evaluasi Kinerja Portofolio.....	55
3.8 Tahap-tahap Analisis Data.....	55
3.9 Alur Penelitian	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Analisis Pendahuluan.....	60
4.1.1 Analisa Deskriptif Saham LQ45	62
4.1.2 Imbal Hasil dan Risiko Saham Indeks LQ45.....	64
4.1.3 Analisa Imbal Hasil Saham Indeks LQ45 Berdasarkan Sektor Industri	68
4.2 Pra Proses Pengelompokan.....	71
4.2.1 Standardisasi Data.....	71
4.2.2 Inisialisasi <i>Centroid</i> Awal dengan Algoritma <i>Centroid Linkage</i>	73
4.2.3 Pengelompokan Menggunakan Algoritma <i>K-Means</i>	76
4.3 Pengelompokan Saham.....	78
4.4 Eliminasi Saham	84

4.5 Pembentukan dan Optimisasi Portofolio Tanpa Pengelompokan.....	88
4.6 Pembentukan Portofolio Dengan Pengelompokan	91
4.6.1 Pembentukan Portofolio dengan Klaster Berbeda	91
4.6.2 Pembentukan Portofolio dengan Klaster yang sama.....	93
4.7 Optimisasi Portofolio dengan Pengelompokan.....	95
4.7.1 Optimisasi Portofolio Beda Klaster dengan Metode MVEP.....	95
4.8.2 Optimisasi Portofolio Sama Klaster dengan Metode MVEP	100
4.8 Evaluasi	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	106
5.1 Kesimpulan	106
5.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN.....	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	59
Gambar 4.1 <i>Scatterplot</i> nilai harapan imbal hasil terhadap standar deviasi	67
Gambar 4.2 Tren Rata-rata Imbal Hasil Triwulan Saham Penelitian Berdasarkan Industri	69
Gambar 4.4 Dendogram metode <i>Centroid Linkage</i>	74
Gambar 4.5 Hasil uji nilai indeks validitas Metode <i>Elbow</i>	75
Gambar 4.6 Analisa <i>Elbow K-Means Clustering</i>	76
Gambar 4.7 Analisa <i>Silhouette K-Means Clustering</i>	77
Gambar 4.8 Analisa <i>Silhouette</i> Algoritma <i>K-Means</i> 3 Klaster	78
Gambar 4.9 Dendogram klaster dengan $k = 3$	79
Gambar 4.10 Visualisasi <i>cluster</i> plot berdasarkan nilai imbal hasil harapan (<i>Weekly Expected Return</i>) dan Standar deviasi (<i>Weekly Risk</i>).....	81
Gambar 4.11 Bobot saham dalam portofolio tanpa pengelompokan.....	90
Gambar 4.12 Visualisasi alur pembuatan portofolio optimal dengan pengelompokan	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Pengukuran Korelasi antarsaham	29
Tabel 2. 2 Kriteria Pengukuran Pengelompokan	45
Tabel 2. 3 Kriteria Penilaian <i>Sharpe Ratio</i>	46
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	48
Tabel 3. 2 Struktur Data Penelitian	49
Tabel 4.1 Daftar 36 Saham terpilih dari Indeks LQ45 (Periode 2023-2024).....	60
Tabel 4.2 Statistik Deskriptif Harga Saham.....	62
Tabel 4.3 Nilai Imbal Hasil Harapan dan Risiko Mingguan Saham.....	65
Tabel 4.4 <i>Heatmap</i> Rata-rata Imbal Hasil Triwulan Berdasarkan Sektor Industri	70
Tabel 4.5 Hasil Standardisasi Data	72
Tabel 4.6 <i>Centroid</i> terpilih dengan Algoritma <i>Centroid Linkage</i>	75
Tabel 4.7 Hasil Pengelompokan 36 Saham Indeks LQ45 (2023–2024).....	80
Tabel 4.8 Nilai <i>Sharpe ratio</i> Saham-saham tiap Klaster	84
Tabel 4.9 Daftar Saham di Setiap Klaster Setelah Eliminasi.....	87
Tabel 4.10 Bobot Saham dalam Portofolio Tanpa Pengelompokan	89
Tabel 4.11 Daftar Kombinasi Portofolio Beda Klaster.....	92
Tabel 4.12 Daftar Kombinasi Portofolio Sama Klaster	94
Tabel 4.13 Bobot Saham dalam Portofolio Beda Klaster	95
Tabel 4.14 Daftar Bobot dan <i>Sharpe ratio</i> dari setiap Kombinasi Portofolio Beda Klaster	97
Tabel 4.15 Portofolio Optimal dengan MVEP pada Portofolio Beda Klaster	98
Tabel 4.16 Komposisi dan kinerja portofolio optimal pada portofolio beda klaster	99
Tabel 4.17 Daftar bobot dan <i>sharpe ratio</i> saham pada portofolio sama klaster .	100
Tabel 4.18 Portofolio optimal dengan MVEP pada portofolio sama klaster	101
Tabel 4.19 Komposisi dan kinerja portofolio optimal pada portofolio sama klaster	102
Tabel 4.20 Perbandingan Kinerja Portofolio	103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Historis Harga Penutupan Mingguan (Weekly Adj Close) dari 36 Saham di Indeks LQ45	117
Lampiran 2. Tabel Matriks Euclidean Antar Saham.....	132
Lampiran 3. Daftar Kombinasi Portofolio Beda Klaster.....	136
Lampiran 4. Daftar Kombinasi Portofolio Sama Klaster	139
Lampiran 5. Daftar Bobot Saham dan Sharpe ratio Portofolio Beda Klaster ...	141
Lampiran 6. Daftar Bobot Saham dan Sharpe ratio Portofolio Sama Klaster...	146
Lampiran 7. Evaluasi Portofolio Beda Klaster.....	153
Lampiran 8. Evaluasi Portofolio Sama Klaster	156

DAFTAR PUSTAKA

- Aman, dkk. (2024). Systematic Literature Review: Tren Perkembangan Penelitian Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *Blantika Multidisciplinary Journal* 2(9). doi: <https://doi.org/10.57096/blantika.v2i9.209>
- Amartyadi I. (2021). *Optimalisasi Portofolio Dengan Meminimumkan Conditional Value-At-Risk*. (Skripsi). Departemen Matematika, IPB University, Bogor.
- Ayuningtias, dkk. (2019). *Analisis Cluster Non-Hirarki Dengan Metode K-Modes*. Bimaster: *Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 8(4), 909-916.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/Gaussian/article/view/41290/31827>
- Badan Pengembangan Dan Pembinaan Bahasa. (2024). *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)* (Edisi Daring). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi. <https://kbbi.kemdikbud.go.id>
- Bennell, dkk. (2004). *Clustering In Finance In Computational Intelligence In Economics And Finance*. Jerman: Springer.
- Bin. (2020). K-Means Stock Clustering Analysis Based on Historical Price Movements and Financial Ratios. *CMC Senior Thesis*. 2435.
- BJ. (2015). *Hybrid clustering methods for better initialization in K-Means algorithm*. *Journal of Computer Science and Artificial Intelligence*, 3(2), 77–83.
- Bodie, dkk. (2014). *Investments* (10th Ed.). New York: Mcgraw-Hill Education.
- Bolos, M., dkk. (2025). K-Means Clustering for Portofolio Optimization: Symmetry in Risk–Return Tradeoff, Liquidity, Profitability, and Solvency. *Symmetry*, 17(847). doi: <https://doi.org/10.3390/sym17060847>
- Bursa Efek Indonesia. (2025, April 20). Indonesia Government Securities Yield Curve (IGSYC). Retrieved From Bursa Efek Indonesia: <https://www.idx.co.id/data-pasar/data-obligasi-sukuk/indonesia-government-securities-yield-curve-igsyc/>.
- Chandra, L., & Hapsari, Y.D. (2012). Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Dengan Menggunakan Model Markowitz Untuk Saham LQ45 Periode 2008-2012. *Jurnal Manajemen*, (1), 41-65.
- Camila, C. (2024). Implementasi Hybrid Jellyfish Search And Particle Swarm Optimization (HJPSO) Terhadap Optimasi Portofolio Saham. (Skripsi

Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia).
<https://repository.upi.edu/123513/>

- Celebi, dkk (2013). A Comparative Study Of Efficient Initialization Methods For The K-Means Clustering Algorithm. *Experts Systems With Applications*, 40(1), 200-210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.07.021>
- Condrobimo, A. R., Sano, A. V. D., & Nindito, H. (2016). The Application Of K-Means Algorithm For LQ45 Index on Indonesian Stock Exchange. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Application*, 7(2), 151. doi: <http://dx.doi.org/10.21512/comtech.v7i2.2256>
- Prado L. D. (2018). *Advances In Financial Machine Learning*. Hoboken, USA: Wiley. Tersedia online: <https://www.wiley.com/enae/advances+in+financial+machine+learning-p-9781119482086>
- Devi, A. A. N., dkk. (2023). Pengelompokan Saham Menggunakan K-Means Dalam Pembentukan Portofolio Optimal. *E-Jurnal Matematika*. Universitas Udayana, 12(4), 302-308. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/mtk/article/view/106556/52652>
- Ding, C. & He, X. (2004). K-Means Clustering Via Principal Component Analysis. *ICML 04: Proceedings Of The Twenty-First International Conference On Machine Learning*. doi: <https://doi.org/10.1145/1015330.1015408>
- Egashira K., Yata, K., & Aoshima, M. 2024. Asymptotic properties of hierarchical clustering in high-dimensional settings. *Journal of Multivariate Analysis*. 199(1): 1-16.
- Elton, E. J., dkk. (2014). *Modern Portofolio Theory And Investment Analysis* 9th Ed. United States Of America: Jhon Wiley And Sons. Inc.
- Everitt, B., dkk. (2011). *Cluster Analysis*. 5th ed. West Sussex (UK): John Wiley & Sons.
- Fabozzi, F. J. (1999). *Investment Management*. New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Fabozzi F.J., dkk. (2007). *Robust Portofolio Optimization And Management*. Hoboken, USA: Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/robust+portfolio+optimization+and+management-p-9780471921226>
- Fahmi, I. & Hadi, Y. L., (2009). *Teori Portofolio Dan Analisis*. Investasi. Bandung: Alfabeta.
- Francis, J.C. (2013). *Modern Portofolio Theory*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.

- Gautam, S., & Singh, A. (2014). Portfolio optimization using Markowitz model. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*, 3(5), 123–128.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 25* (Edisi 9). Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Tersedia online: <https://www.scribd.com/document/729101308/644946086-ghozali-edisi-9-pdf>
- Gubu, L. R., dkk. (2023). Optimasi Portofolio *Mean-Variance* Dengan Analisis Klaster *Fuzzy C-Means*. *Jurnal Gaussian*. Universitas Halu Oleo. 12(4), 594-603.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/article/view/41290/31827>
- Gudono. (2016). *Analisis Data Multivariat*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta.
- Halmahera, H., & Ontong, A. (2021). Analisis optimasi portofolio saham menggunakan model Markowitz pada indeks LQ45. *Jurnal Ilmu Manajemen dan Bisnis*, 12(2), 145–153.
- Han J, Kamber M, & Pei J. (2012). *Data Mining: Concepts And Techniques*. Burlington: Morgan Kaufman Publishers.
- Hastie T, Tibshirani R, & Friedman J. 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Jerman: Springer.
- Hoyyi, A., & Ispriyanti, D. (2015). Optimisasi Multiobjektif Untuk Pembentukan Portofolio. *Media Statistika*, 8(1), 31-39.
- Hutauruk, R. P. S., dkk. (2024). Peran Perilaku Pengelolaan Keuangan Sebagai Mediator Dalam Pengaruh Kemampuan Menyusun Laporan Keuangan, Literasi Keuangan, Dan Inklusi Keuangan Terhadap Kinerja Keuangan UMKM. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia*, 10(1), 302-315.
<https://jurnal.iicet.org/index.php/jppi>
- IDX (2023). *Indeks Saham BEI*. <https://www.idx.co.id/data-pasar/data-saham/indeks-saham/>
- Jagannathan, R., & Ma, T. (2003). *Risk Reduction In Large Portfolios: Why Imposing the Wrong Constraints Helps*. *Journal of Finance*, 58(4), 1651-1694.
- Jain, A. K. (2010). Data Clustering: 50 Years Beyond K-Means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651-666. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>

- Jain, A. K., & Dubes, R. C. (1998). *Algorithms for Clustering Data*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc. Tersedia online: https://www.academia.edu/39391648/Prentice_Hall_Algorithms_For_Clustering_Data_Jain_Dubes_1988
- James, G., dkk. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. New York, NY: Springer.
- Jogiyanto. (2010). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi, Edisi Ketujuh*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- Johnson, R. A. (2002). *Applied multivariate statistical analysis* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). *Finding groups in data: An introduction to cluster analysis*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Kodinariya, T. M., & Makwana, P. R. (2013). *Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering*. International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, 1(6), 90–95.
- Kusnandar, K. (2004). *Statistik untuk penelitian sosial*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Lance, G. N., & Williams, W. T. (1967). A general theory of classificatory sorting strategies: Hierarchical systems. *The Computer Journal*, 9(4): 373-380.
- Leki, R., Asruni, & Sutrisno. (2023). Pembentukan Portofolio Optimal Dengan Model Indeks Tunggal pada Saham IDX Value 30 di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Bisnis*, 9(2), 183-197. <http://ejournal.stiepancasetia.ac.id/index.php/jieb>
- Lestari, P., Saladin, H., & Oktariansyah, O. (2024). Analisis Pengetahuan Investasi, Risiko Investasi Dan Modal Minimal Terhadap Minat Investasi Di Pasar Modal (Studi Kasus Mahasiswa Universitas PGRI Palembang). *Wacana Ekonomi: Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Akuntansi*, 23(2), 131-145. doi: <https://doi.org/10.22225/we.23.2.2024.131-145>
- Lloyd, S. P. (1982). Least Squares Quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*, 28(2), 129-137. doi: [10.1109/TIT.1982.1056489](https://doi.org/10.1109/TIT.1982.1056489)
- Long, N. C., dkk. (2010). Clustering Stock Data for Multi-Objective Portofolio Optimization. *International Journal of Computational Intelligence and Applications*, 13(2), 1-13. <https://scihub.ru/10.1142/S1469026814500114>
- Luenberger, D.G. (1997). *Investment Science*. New York: Oxford University Press.

- Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical Structure in Financial Markets. *The European Physical Journal B*. doi: <https://doi.org/10.1007/s100510050929>
- Markowitz, H. 1952. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. 7(1): 77-91.
- Maruddani, D. A. I. & Purbowati, A. (2009). Pengukuran Value at Risk Pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Media Statistika*, 2(2), 93-104.
- Martalena & Malinda, M. (2011). *Pengantar Pasar Modal*. Yogyakarta: Andi.
- Martin, S., Aryani, D. D. P., & Arjuna, S. T. (2021). Peran Pasar Modal Bagi Pembangunan Ekonomi Di Indonesia. *Research In Accounting Journal*, 1(3), 500-507. <http://journal.yrpiipku.com/index.php/raj>
- McQuitty, L. (1957). Elementary linkage analysis for isolating orthogonal and oblique types and relevancies. *Educational and Psychological Measurement*, 17: 207- 222.
- Muharam, H. (2018). *Pengantar pasar modal: Konsep dan implementasi di Indonesia*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Muningsih, E. (2018). Komparasi Metode Clustering K-Means dan K-Medoids Dengan Model Fuzzy RFM untuk Pengelompokan Pelanggan. *Evolusi*, 6, 106-113.
- Murugesan, K., & Jun, Z. (2011). Hybrid bisect K-means clustering algorithm. In Proceedings of the 2011 International Conference on Business Computing and Global Informatization, BCGIn 2011 (pp. 216-219). Article 6003884 (Proceedings of the 2011 International Conference on Business Computing and Global Informatization, BCGIn 2011). doi: <https://doi.org/10.1109/BCGIn.2011.62>
- Muslikh, A., dkk. (2023). Systematic Literature Review of Data Distribution in Preprocessing Stage with Focus on Outliers. 2023 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic), 328- 333. doi: <https://doi.org/10.1109/iSemantic59612.2023.10295291>.
- Muzafar, R. N. (2024). *Optimasi Portofolio Investasi Saham Indeks Kompas 100 Menggunakan Metode Hierarchical Clustering Dan Model Markowits*. (Skripsi). Departemen Matematika, IPB University, Bogor.
- Nanda, S. R., Mahanty, B., & Tiwari, M.K. (2010). Clustering Indian Stock Market Data For Portofolio Management. *Expert Systems With Application*, 37, 8793-8798. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.026>.

- Pacovský, J. (2017). Data preprocessing. In C. Sammut & G. I. Webb (Eds.), *Encyclopedia of machine learning and data mining* (pp. 327–). Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7687-1_100100
- Pardosi, R. D. & Wijayanto, A. (2015). Pengaruh korelasi antar saham terhadap efektivitas diversifikasi portofolio. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 18(2), 85–94.na
- Pratama, Y. (2024). K-Means Clustering dan Mean Variance Efficient Portfolio dalam Portofolio Saham. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 5(1), 24-30. doi: <https://doi.org/10.34312/jjps.v5i1.20298>
- Puspaningsih, E. S., & Maruddani, D. A. I. (2023). K-Medoids clustering dan Mean-Value at Risk untuk optimasi portofolio saham Jakarta Islamic Index. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 6(1), 76–83. doi: <https://doi.org/10.13057/ijas.v6i1.79231>
- Puspita, M. W., Pratiwi, N. M. I., & Nasution, U. C. (2015). Analisis Investasi Portofolio Terhadap Keputusan Pengalokasian Dana. *Jurnal Dinamika Administrasi Bisnis*, 1(1). <https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/adbis/article/view/2292>
- Puspita, N. (2024). *Perbandingan Kinerja Metode K-Means dan K-Medoids dalam Pengelompokan Saham di Indonesia*. (Skripsi). Program Studi Statistika, IPB University, Bogor.
- Rahmawati, L. (2012). Analisis kelompok dengan menggunakan metode hierarki untuk pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasar indikator kesehatan. *Jurnal Matematika*, 1(2)..
- Ramadhan, M., Suharti, T., & Nurhayati, I. (2020). Diversifikasi Saham Dalam Pembentukan Portofolio Untuk Meminimumkan Risiko. *Jurnal Ilmu Manajemen*, 3(4), 451.
- Riyadhi, A. F. (2023). *Seleksi Portofolio Saham Emiten Anggota LQ45 Menggunakan K-Means Clustering Berdasarkan Pendekatan Teknikal Dan Fundamental: Studi Kasus Pandemi Covid-19*. (Tesis). Sekolah Interdisiplin Manajemen Dan teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ross S. A., Westerfield, R. W., & Jordan, B. D. (2019). *Essentials of Corporate Finance*. 10th ed. New York (NY): McGraw-Hill Education
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouttes: A Graphical aid to the interpretation and validation of *cluster* analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20: 53-65.

- Sanggup, I. P., dkk. (2014). Perhitungan Nilai Ekspektasi Return dan Risiko dari Portofolio dengan Menggunakan Mean-Variance Efficient Portofolio. *Bimaster: Bulletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 3(1).
- Santoso, A., dkk. (2023). *Manajemen Investasi Dan Portofolio*. Jawa Tengah. Eureka Media Aksara.
- Sass J, dkk. (2021). Risk Reduction and Portofolio Optimization Using Clustering Methods. *Economics and Statistics*, 32(1), 1-16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecosta.2021.11.010>
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual fund performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119–138. doi: <https://doi.org/10.1086/294846>
- Silvi, R. (2018). Analisis Cluster dengan Data Outlier Menggunakan Centroid Linkage dan K-Means Clustering untuk Pengelompokkan Indikator HIV/AIDS di Indonesia. *Jurnal Matematika MANTIK*, 4(1), 22–31. doi: <https://doi.org/10.15642/mantik.2018.4.1.22-31>.
- Sneath, P. H. A. (1957). The application of computers to taxonomy. *Journal of General Microbiology*, 17, 201-226.
- Steinley, D. (2006). K-Means Clustering: A Half-Century Synthesis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 59(1), 1-34. doi: <https://doi.org/10.1348/000711005X48266>
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sunariyah. (2006). *Pengantar Pengetahuan Pasar Modal* (Edisi Kelima). Yogyakarta: UPP AMP YKPN
- Syakur, M. A., dkk. (2018). Integration K-Means Clustering Method and Elbow Method For Identification of The Best Customer Profile Cluster. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, doi: [10.1088/1757-899X/336/1/012017](https://doi.org/10.1088/1757-899X/336/1/012017)
- Syukron, dkk. (2022). Comparison K-Means K-Medoids and Fuzzy C-Means for clustering customer data with LRFM model. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 2(2), 76–83. <https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/79>
- Tan, P. N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2006). *Introduction to data mining*. United States: Pearson Education.
- Tandelilin. E. (2010). *Portofolio dan Investasi: Teori dan Aplikasi* (Edisi Pertama). Yogyakarta: Kanisius.

- Tumminello, M., Lillo, F., & Mantegna, R. N. (2010). Correlation, Hierarchies, and Networks in Financial Markets. *Journal of Economic Behavior & Organization*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2010.04.008>
- Varadi, dkk. (2012). Cluster Risk Parity for Diversified Portofolio Construction. *Portfolio Management Research*. <https://ssrn.com/abstract=2009778>
- Wang, J., Zhang, W., & Zhang, Y. (2015). Portfolio selection based on K-means clustering algorithm. *Proceedings of the 12th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, 1–5. doi: <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2015.7170142>
- Wardani, R. D. (2010). *Analisis diversifikasi portofolio saham dengan metode Markowitz pada perusahaan LQ45 di Bursa Efek Indonesia*. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Witiastuti, R. (2012). *Analisis perbandingan kinerja portofolio optimal dengan pendekatan Markowitz dan pendekatan indeks tunggal*. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Yunita, I. (2018). Markowitz Model dalam Pembentukan Portofolio Optimal (Studi Kasus pada Jakarta Islamic Index). *Manajemen Indonesia*, 18(1), 77-85.