



OPTIMALISASI PORTOFOLIO MENGGUNAKAN SEMI MEAN ABSOLUTE DEVIATION BERDASARKAN HASIL CLUSTERING SAHAM DI INDONESIA

RAVY ARDIAN KUSUMA



**PROGRAM STUDI AKTUARIA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimalisasi Portofolio Menggunakan *Semi Mean Absolute Deviation* Berdasarkan Hasil *Clustering* Saham di Indonesia” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2025

Ravy Ardian Kusuma
G5402211029

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

RAVY ARDIAN KUSUMA. Optimalisasi Portofolio Menggunakan *Semi Mean Absolute Deviation* Berdasarkan Hasil *Clustering* Saham di Indonesia. Dibimbing oleh RETNO BUDIARTI dan PRAPTO TRI SUPRIYO.

Pembentukan portofolio saham optimal melibatkan keputusan investasi yang kompleks, terutama dalam memilih saham potensial di pasar modal. Penelitian ini mengusulkan pendekatan gabungan antara metode *clustering K-Means* dan optimasi *Semi Mean Absolute Deviation* (Semi-MAD). Saham-saham di Bursa Efek Indonesia dikelompokkan menggunakan algoritma *K-Means* berdasarkan *return* dan volatilitas yang menghasilkan dua *cluster* optimal. *Cluster 1* (587 saham) dengan *return* tinggi dan risiko rendah, serta *cluster 2* (116 saham) dengan karakteristik sebaliknya. Portofolio optimal dibentuk menggunakan model optimasi Semi-MAD yang diimplementasikan melalui teknik *linear programming*, dengan tujuh skenario berbeda berdasarkan kriteria tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompleksitas masalah optimasi meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah saham. Namun, masalah berdimensi besar ini dapat diatasi dengan *linear programming* untuk mencapai portofolio optimal. Kombinasi *clustering* dan optimasi ini memberikan solusi sistematis dalam pengambilan keputusan investasi.

Kata kunci: *K-Means*, *linear programming*, optimasi portofolio, saham Indonesia, Semi-MAD

ABSTRACT

RAVY ARDIAN KUSUMA. Portfolio Optimization Using Semi Mean Absolute Deviation Based on Stock Clustering Results in Indonesia. Supervised by RETNO BUDIARTI and PRAPTO TRI SUPRIYO.

The construction of an optimal stock portfolio involves complex investment decisions, particularly when selecting potential stocks in the capital market. This study proposes a combined approach using K-Means clustering method and Semi Mean Absolute Deviation (Semi-MAD) optimization. Stocks listed on the Indonesia Stock Exchange were grouped using the K-Means algorithm based on return and volatility, resulting in two optimal clusters. Cluster 1 (587 stocks) with high returns and low risk, and Cluster 2 (116 stocks) with opposite characteristics. The optimal portfolio was constructed using the Semi-MAD optimization model implemented through linear programming techniques, with seven different scenarios based on specific criteria. The research results show that optimization complexity increases with the number of stocks. However, this large-scale problem can be solved using linear programming to achieve an optimal portfolio. The combination of clustering and optimization provides a systematic solution for investment decision-making.

Keywords: K-Means, Indonesian stocks, linear programming, portfolio optimization, Semi-MAD



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

OPTIMALISASI PORTOFOLIO MENGGUNAKAN SEMI MEAN ABSOLUTE DEVIATION BERDASARKAN HASIL CLUSTERING SAHAM DI INDONESIA

RAVY ARDIAN KUSUMA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Aktuaria

**PROGRAM STUDI AKTUARIA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Optimalisasi Portofolio Menggunakan *Semi Mean Absolute Deviation* Berdasarkan Hasil *Clustering* Saham di Indonesia

Nama : Ravy Ardian Kusuma
NIM : G5402211029

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Retno Budiarti, M.S.

Pembimbing 2:

Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Ir. I Gusti Putu Purnaba, DEA.
NIP. 196512181990021001

Tanggal Ujian:
21 Maret 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dengan judul “Optimalisasi Portofolio Menggunakan *Semi Mean Absolute Deviation* Berdasarkan Hasil *Clustering* Saham di Indonesia” berhasil diselesaikan. Shalawat dan salam senantiasa penulis hanturkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wassalam, seorang rasul akhir zaman yang menuntun ke jalan lurus dan penyeru kepada agama yang benar.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan karya ilmiah ini, khususnya

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sukadi dan Ibu Misiyem serta kakak dan adik penulis, yang senantiasa dengan tulus memberikan doa, kasih sayang, nasihat, dan dukungan penuh dalam setiap langkah hidup penulis,
2. Ibu Dr. Ir. Retno Budiarti, M.S. selaku dosen pembimbing 1, Bapak Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom. selaku dosen pembimbing 2, dan Bapak Fendy Septyanto, B.Sc., M.Si. selaku dosen penguji, yang telah memberikan ilmu, arahan, motivasi, serta waktu dalam menyelesaikan karya ilmiah ini,
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Aktuaria IPB University atas segala ilmu dan bantuannya selama perkuliahan dan penulisan karya ilmiah ini,
4. Pemilik NIM G5402211037 yang selalu memberikan dukungan, motivasi, perhatian, kesabaran tiada henti, dan menjadi tempat ternyaman untuk pulang,
5. Teman-teman mahasiswa seperjuangan Program Studi Aktuaria IPB University Angkatan 58.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, April 2025

Ravy Ardian Kusuma



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Investasi	3
2.2 Saham	3
2.3 <i>Clustering</i>	4
2.4 Koefisien Korelasi <i>Kendall's Tau</i>	7
2.5 Portofolio	7
2.6 Model <i>Semi Mean Absolute Deviation</i>	8
2.7 Kendala <i>Buy-in Threshold</i> dan <i>Cardinality</i>	9
2.8 <i>Sharpe Ratio</i>	9
2.9 Profil Risiko Investor	10
III METODE	11
3.1 Data dan Perangkat Lunak	11
3.2 Pengolahan dan Analisis Data	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Praproses Data	13
4.2 Deteksi <i>Outlier</i>	15
4.3 <i>K-Means Clustering</i>	17
4.4 Pemilihan Saham	22
4.5 <i>Return</i> Bulanan Tiap Skenario	29
4.6 Optimalisasi Portofolio Menggunakan Model Semi-MAD	30
V SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Simpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP	67



DAFTAR TABEL

1	Data profil saham perusahaan	13
2	Data historis harga saham harian	13
3	Data hasil penghitungan <i>return</i> dan volatilitas selama satu tahun	14
4	Statistik deskriptif masing-masing <i>cluster</i>	20
5	Kriteria pemilihan saham tiap skenario	22
6	Saham-saham pada skenario 1	23
7	Saham-saham pada skenario 2	24
8	Saham-saham pada skenario 3	25
9	Saham-saham pada skenario 4	26
10	Saham-saham pada skenario 5	27
11	Saham-saham pada skenario 6	28
12	Saham-saham pada skenario 7	29
13	Solusi optimalisasi portofolio skenario 1	33
14	Solusi optimalisasi portofolio skenario 2	34
15	Solusi optimalisasi portofolio skenario 3	36
16	Solusi optimalisasi portofolio skenario 4	37
17	Solusi optimalisasi portofolio skenario 5	39
18	Solusi optimalisasi portofolio skenario 6	40
19	Solusi optimalisasi portofolio skenario 7	42
20	Nilai <i>return</i> , risiko, dan <i>sharpe ratio</i> portofolio tiap skenario	42

DAFTAR GAMBAR

1	Proses pada metode <i>K-Means clustering</i>	6
2	Histogram nilai <i>return</i> dan volatilitas saham selama satu tahun	14
3	Grafik <i>knee plot</i> DBSCAN	16
4	Plot <i>outlier</i> data	16
5	Plot <i>elbow</i>	17
6	Plot <i>silhouette</i>	18
7	<i>Clustering K-Means</i>	19
8	Plot variabel <i>return</i> dan volatilitas untuk (a) gabungan, (b) <i>cluster</i> 1, (c) <i>cluster</i> 2	20
9	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 1	23
10	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 2	24
11	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 3	25
12	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 4	26
13	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 5	27
14	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 6	28
15	Matriks korelasi (<i>Kendall's Tau</i>) skenario 7	29



DAFTAR LAMPIRAN

1	Data profil saham yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia pada Oktober 2024	50
2	Data historis harga saham harian dari 1 Juli 2023 – 30 Juni 2024	51
3	Hasil pengelompokan <i>cluster</i> menggunakan metode <i>K-Means</i>	52
4	<i>Return</i> bulanan saham skenario 1	53
5	<i>Return</i> bulanan saham skenario 2	54
6	<i>Return</i> bulanan saham skenario 3	55
7	<i>Return</i> bulanan saham skenario 4	56
8	<i>Return</i> bulanan saham skenario 5	57
9	<i>Return</i> bulanan saham skenario 6	58
10	<i>Return</i> bulanan saham skenario 7	59
11	Sintaks <i>K-Means clustering</i> menggunakan R Studio	60
12	Sintaks pembentukan portofolio menggunakan R Studio	61
13	Sintaks menentukan solusi optimal portofolio saham model Semi-MAD menggunakan Julia	63

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasar saham Indonesia telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir. Data dari Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI 2024) menunjukkan lonjakan jumlah investor yang mencapai 13,6 juta orang pada Agustus 2024, jumlah tersebut meningkat 2,35% dari bulan sebelumnya. Pertumbuhan ini terutama didorong oleh minat generasi muda dan kemudahan akses investasi melalui platform digital (Adelia *et al.* 2024). Namun, di balik peningkatan ini, investor masih menghadapi tantangan dalam memilih saham yang tepat di tengah fluktuasi harga dan banyaknya pilihan yang tersedia.

Dalam situasi seperti ini, strategi yang efektif sangat diperlukan untuk memilih saham yang tepat. Metode *clustering* menawarkan potensi yang menjanjikan untuk membantu investor menganalisis dan mengelompokkan saham berdasarkan karakteristik tertentu, seperti *return* dan volatilitas. Metode *clustering* memungkinkan membagi sekumpulan saham ke dalam berbagai *cluster* berdasarkan tingkat kemiripannya. Salah satu metode *clustering* yang paling populer adalah *K-Means*. *K-Means* telah terbukti efektif dalam berbagai penelitian tentang pasar saham (Jain 2010). Dengan melakukan pengelompokan saham, investor dapat mengidentifikasi pola yang mungkin tidak terlihat secara langsung (Kaufman dan Rousseeuw 1990), sehingga dapat memfasilitasi pembentukan portofolio yang lebih terdiversifikasi dan optimal.

Di lain hal, investor pastinya mengharapkan agar memperoleh keuntungan semaksimal mungkin dengan risiko seminimal mungkin dari saham yang diinvestasikan. Namun pada kenyataannya hal ini sulit direalisasikan, karena keuntungan (*return*) yang tinggi pasti diikuti dengan risiko yang tinggi pula (Purba *et al.* 2014). Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menggabungkan berbagai saham ke dalam sebuah portofolio yang terdiversifikasi. Diversifikasi portofolio membantu meminimalkan risiko dengan cara menyebar investasi ke berbagai saham yang bergerak berlawanan arah pada waktu yang bersamaan (Anika *et al.* 2024). Strategi diversifikasi memungkinkan mengurangi dampak buruk dari penurunan satu jenis saham terhadap portofolionya secara keseluruhan.

Pada tahun 1952, Harry Markowitz memperkenalkan konsep optimalisasi portofolio dengan model *mean-variance* (MV). Namun, model ini memiliki keterbatasan, terutama pada portofolio berskala besar dan tantangan komputasi yang muncul akibat penggunaan teknik pemrograman kuadrat. Pada tahun 1993, Speranza mengembangkan model *Semi Mean Absolute Deviation* (Semi-MAD) yang diadaptasi dari model *Mean Absolute Deviation* (MAD) yang diperkenalkan oleh Konno dan Yamazaki. Semi-MAD menawarkan pendekatan yang lebih efisien secara komputasi dengan menggunakan deviasi semi-absolut rata-rata sebagai ukuran risiko, di mana hanya deviasi di bawah rata-rata yang diperhitungkan. Selain itu, model ini dapat diselesaikan menggunakan teknik pemrograman linier, sehingga lebih efektif dalam menangani masalah optimasi portofolio berukuran besar (Vanti dan Supandi 2020).

Pada penelitian ini, seluruh saham yang ada di Indonesia dikelompokkan menggunakan metode *K-Means* berdasarkan variabel *return* dan volatilitas. Saham-saham yang dipilih dalam portofolio adalah saham yang berada pada suatu *cluster*

dengan memperhitungkan korelasi antar saham. Optimalisasi portofolio dilakukan menggunakan model *Semi Mean Absolute Deviation* (Semi-MAD) dengan *linear programming* serta tambahan kendala *buy-in threshold* dan *cardinality*. Kendala *buy-in threshold* bertujuan untuk menghindari alokasi saham yang terlalu kecil atau terlalu besar, sedangkan kendala *cardinality* digunakan untuk membatasi jumlah aset dalam portofolio optimal. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan strategi yang lebih komprehensif dan efektif dalam pembentukan portofolio saham di pasar modal Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengelompokkan saham-saham di pasar saham Indonesia menggunakan metode *K-Means* berdasarkan variabel *return* dan volatilitas?
2. Bagaimana cara menyusun dan menyelesaikan optimasi portofolio saham menggunakan model Semi-MAD dengan tambahan kendala *buy-in threshold* dan *cardinality*?
3. Bagaimana cara memberikan rekomendasi portofolio saham optimal di Indonesia berdasarkan hasil model tersebut?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengelompokkan saham-saham di pasar saham Indonesia menggunakan metode *K-Means* berdasarkan variabel *return* dan volatilitas.
2. Menyusun dan menyelesaikan optimasi portofolio saham menggunakan model Semi-MAD dengan tambahan kendala *buy-in threshold* dan *cardinality*.
3. Menyusun rekomendasi portofolio saham optimal di Indonesia berdasarkan model yang telah dihasilkan.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Investasi adalah penanaman modal dalam suatu aset atau sumber daya lain yang dilakukan saat ini dengan harapan mendapat keuntungan di masa depan (Bodie *et al.* 2024). Dalam pasar modal investasi bisa berupa saham, obligasi, atau instrumen keuangan lainnya. Tujuan investasi adalah untuk menambah nilai kekayaan melalui *capital gain* dan pendapatan dividen. Investasi juga dapat berfungsi sebagai alat untuk melindungi nilai uang dari inflasi dan mencapai tujuan keuangan jangka panjang.

2.2 Saham

Saham merupakan tanda kepemilikan terhadap suatu perusahaan yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk mendapatkan sebagian dari keuntungan perusahaan yang berupa dividen dan berpartisipasi dalam pengambilan keputusan melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) (Ross *et al.* 2019). Besar kecilnya saham bergantung pada kinerja perusahaan, kondisi ekonomi, dan sentimen pasar. Selain itu, saham juga dapat diperdagangkan di pasar sekunder dan memberikan kesempatan bagi investor untuk mendapatkan keuntungan dari perubahan harga saham.

Return Saham

Return saham mengacu pada tingkat keuntungan atau kerugian yang diperoleh investor dari suatu saham yang diinvestasikan pada periode waktu tertentu (Bodie *et al.* 2024). *Return* tahunan adalah tingkat pertumbuhan investasi per tahun yang dihitung berdasarkan perubahan harga selama periode tertentu. Untuk menghitung nilai *return*, *log return* dipilih karena memperhitungkan efek *compounding* (bunga berbunga) dan bersifat *additive*, sehingga memudahkan akumulasi *return* harian menjadi *return* tahunan secara akurat (Miskolczi 2017). Selain itu, *log return* juga memastikan konsistensi dalam analisis risiko saham, sehingga menghindari perbedaan signifikan yang mungkin muncul jika menggunakan *simple return* (Miskolczi 2017). *Log return* tahunan saham dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$R = \sum_{t=1}^l R_t \quad (1)$$

dengan

R : *return* tahunan saham,

R_t : *return* harian saham pada periode waktu t yaitu $= \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$,

P_t : harga saham pada periode waktu t ,

P_{t-1} : harga saham pada periode waktu $t - 1$,

l : banyaknya hari perdagangan.

Volatilitas

Volatilitas adalah ukuran seberapa besar harga saham berubah selama periode waktu tertentu. Volatilitas sering digunakan sebagai indikator risiko, di mana semakin tinggi volatilitas maka semakin besar risiko investasi. Volatilitas tahunan saham dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Hull 2021):

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\Delta t}} \quad (2)$$

dengan Δt adalah panjang interval periode perdagangan dalam satu tahun (yaitu $\frac{1}{252}$) dan s adalah standar deviasi dari *return* harian saham yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$s = \sqrt{\frac{1}{l-1} \sum_{t=1}^l (R_t - \bar{R})^2} \quad (3)$$

dengan

- R_t : *return* harian saham pada periode waktu t ,
- $\bar{R}$: rata-rata *return* harian saham,
- l : banyaknya hari perdagangan.

2.3 Clustering

Clustering adalah teknik analisis data yang bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek ke dalam kategori atau *cluster* berdasarkan kemiripan karakteristik tertentu. Menurut Jain (2010), *clustering* memainkan peran penting dalam berbagai bidang, termasuk pengenalan pola, analisis data, dan *machine learning*. Tujuan utama *clustering* adalah untuk memaksimalkan kesamaan objek dalam satu *cluster* dan meminimalkan kesamaan antar *cluster*.

DBSCAN

DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) adalah metode pengelompokan berbasis kepadatan yang dikembangkan oleh Ester *et al.* pada tahun 1996. Metode ini digunakan untuk menemukan kelompok-kelompok dalam sekumpulan data berdasarkan area yang memiliki kepadatan tinggi. Selain itu, metode ini juga mengidentifikasi dan mengisolasi *noise* atau *outlier*.

Konsep utama DBSCAN adalah menemukan *core points* atau titik-titik inti, yaitu titik-titik data yang memiliki kepadatan tinggi di sekitarnya (Chen *et. al* 2024). Kepadatan ini didefinisikan oleh dua parameter, yaitu *epsilon* (*eps*) yang merupakan radius maksimum di sekitar suatu titik yang dianggap sebagai kelompok titik tersebut, dan *minimum points* (*MinPts*) yang merupakan jumlah minimum titik yang harus ada dalam kelompok tersebut agar titik pusat dianggap sebagai *core point*.

Pemilihan nilai *MinPts* ditentukan oleh pengguna berdasarkan tingkat kepadatan data yang akan dianalisis. Sementara itu, nilai *eps* diperoleh melalui visualisasi grafik *knee plot*. Grafik ini membandingkan jarak rata-rata antara setiap titik data dengan sejumlah *MinPts* tetangga terdekatnya. Jarak rata-rata tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk plot untuk mengidentifikasi adanya "*knee*" atau titik siku, yang menandakan nilai *eps* optimal berdasarkan *MinPts* yang telah ditetapkan sebelumnya.

DBSCAN mengklasifikasikan titik-titik data menjadi tiga kategori. Pertama *core points*, yaitu titik data dengan kepadatan tetangga yang tinggi dalam radius tertentu. Kedua *border points*, yaitu titik yang dekat dengan *core points* tetapi tidak cukup padat untuk menjadi *core points* itu sendiri. Ketiga *noise points*, yaitu titik data yang tidak termasuk dalam suatu kelompok dan dianggap sebagai *outlier*.

Jarak Euclid

Dalam metode *clustering*, jarak *euclid* digunakan untuk menghitung perbedaan antara dua titik data dalam ruang berdimensi p , di mana p adalah jumlah variabel atau fitur. Jarak *euclid* antara dua vektor data $\mathbf{x}_i$ dan $\mathbf{x}_{i'}$ didefinisikan sebagai (Hastie *et al.* 2009):

$$d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_{i'}) = \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2 = \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_{i'}\|^2 \quad (4)$$

di mana p adalah jumlah variabel atau fitur, $\mathbf{x}_i$ dan $\mathbf{x}_{i'}$ adalah dua vektor data yang direpresentasikan dalam ruang berdimensi p , dan $d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_{i'})$ adalah jarak *euclid* antara keduanya.

K-Means Clustering

K-Means pertama kali diperkenalkan oleh MacQueen pada tahun 1967. Metode ini bertujuan membagi sekumpulan data ke dalam K buah *cluster* atau kelompok, di mana setiap data hanya bisa menjadi anggota satu *cluster* tertentu (MacQueen 1967). Pada algoritme *K-Means*, pusat dari setiap *cluster* ditentukan dengan menghitung rata-rata dari titik-titik dalam *cluster* tersebut, yang dikenal sebagai *centroid* (Silvarathri dan Govardhan 2014).

Metode *K-Means* bekerja dengan menentukan *cluster* sehingga total variasi di dalam *cluster* (*within-cluster variation*) diminimalkan. Hartigan dan Wong (1979) mendefinisikan total variasi dalam *cluster* sebagai jumlah kuadrat jarak *euclid* antara objek dan *centroid* atau yang biasa disebut *Within-Cluster Sum of Square* (WCSS). Misalkan $\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n\}$ adalah himpunan n vektor data yang akan dikelompokkan ke dalam K *cluster* yang dituliskan sebagai $C = \{c_1, c_2, \dots, c_K\}$. Misalkan juga $\boldsymbol{\mu}_k$ adalah pusat *cluster* c_k . Jain (2010) menyatakan rumus WCSS untuk suatu *cluster* c_k adalah sebagai berikut:

$$W(c_k) = \sum_{\mathbf{x}_i \in c_k} \|\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_k\|^2 \quad (5)$$

dan rumus total WCSS untuk semua *cluster* adalah sebagai berikut:

$$W(C) = \sum_{k=1}^K \sum_{\mathbf{x}_i \in c_k} \|\mathbf{x}_i - \boldsymbol{\mu}_k\|^2 \quad (6)$$

dengan

- $\mathbf{x}_i$: vektor data dari objek ke- i pada *cluster* ke- k ,
- $\boldsymbol{\mu}_k$: pusat atau *centroid* dari *cluster* ke- k ,
- K : banyaknya *cluster*.

Pusat *cluster* atau *centroid* dapat dicari dengan menghitung rata-rata dari nilai objek pada suatu *cluster* yang didefinisikan sebagai:

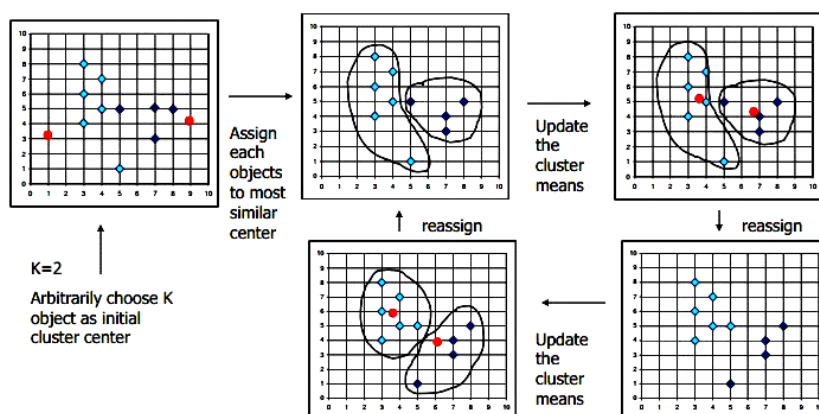
$$\mu_k = \frac{1}{m_k} \sum_{x_i \in c_k} x_i \quad (7)$$

dengan m_k adalah banyaknya objek yang menjadi anggota *cluster* ke- k .

Langkah-langkah dalam metode *K-Means* meliputi (Jain 2010):

1. Menentukan jumlah K *cluster* yang akan dibentuk.
2. Memilih K titik data sebagai pusat *cluster* atau *centroid* awal secara acak.
3. Menghitung jarak *euclid* antara setiap titik data dengan semua *centroid* menggunakan persamaan (4).
4. Mengalokasikan setiap titik data ke *cluster* dengan *centroid* terdekat.
5. Menghitung ulang posisi *centroid* untuk setiap *cluster* berdasarkan rata-rata dari semua titik data dalam *cluster* tersebut menggunakan persamaan (7).
6. Ulangi langkah 3-5 hingga *centroid* dari setiap *cluster* tidak berubah.

Menurut Priya *et al.* (2013), proses metode *K-Means* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Proses pada metode *K-Means clustering*

Metode *Elbow*

Metode *elbow* merupakan salah satu teknik yang sering digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* optimal dalam analisis *clustering*. Ide dasar dari metode *elbow* adalah memvisualisasikan hubungan antara jumlah *cluster* dan suatu metrik evaluasi, yaitu total *Within-Cluster Sum of Squares* (WCSS). Grafik yang dihasilkan sering menunjukkan bentuk yang menyerupai siku, di mana penurunan nilai WCSS melambat secara drastis setelah titik tertentu. Thorndike (1953) menjelaskan bahwa titik "siku" ini dianggap sebagai indikator jumlah *cluster* yang optimal.

Metode *Silhouette*

Metode *silhouette* adalah teknik evaluasi dan validasi *cluster* yang digunakan untuk menilai kualitas *clustering* dan membantu dalam penentuan jumlah *cluster* yang optimal. *Silhouette coefficient* mengukur seberapa baik suatu objek cocok dengan *clusternya* sendiri dibandingkan dengan *cluster* lainnya.

Nilai *silhouette coefficient* berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa objek tersebut lebih cocok dengan *clusternya* sendiri daripada *cluster* lainnya. Nilai *silhouette coefficient* dapat ditulis sebagai (Kaufman dan Rousseeuw 1990):

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (8)$$

dengan $a(i)$ adalah rata-rata jarak antara objek i dengan semua objek lain yang berada dalam *cluster* yang sama dan $b(i)$ adalah rata-rata jarak minimum antara objek i dengan semua objek dalam *cluster* lain yang bukan merupakan *cluster* tempat objek i berada. Untuk mengevaluasi kualitas *cluster* keseluruhan, nilai *silhouette coefficient* dihitung dari rata-ratanya.

2.4 Koefisien Korelasi Kendall's Tau

Korelasi *Kendall's Tau* adalah metode statistik non-parametrik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel berdasarkan peringkat data. Metode ini sangat berguna dalam analisis saham, terutama ketika data tidak berdistribusi normal atau mengandung *outlier* (Gibbons dan Chakraborti 2011). *Kendall's Tau* mengukur seberapa sering pasangan data bergerak searah atau berlawanan, dengan nilai korelasi berkisar dari -1 (hubungan negatif sempurna) hingga 1 (hubungan positif sempurna) (Kendall 1938).

Korelasi *Kendall's Tau* dihitung dengan membandingkan semua pasangan pengamatan. Jika peringkat dua variabel bergerak searah, pasangan tersebut disebut "*concordant*". Sebaliknya, jika peringkat bergerak berlawanan, pasangan tersebut disebut "*discordant*". Rumus untuk menghitung korelasi *Kendall's Tau* adalah:

$$\tau = \frac{2(C - D)}{o(o - 1)} \quad (9)$$

dengan

- τ : koefisien korelasi *Kendall's Tau*.
- C : banyaknya pasangan yang konsisten (*concordant*),
- D : banyaknya pasangan yang tidak konsisten (*discordant*),
- o : banyaknya pengamatan.

2.5 Portofolio

Portofolio adalah kumpulan aset investasi yang dimiliki oleh individu atau entitas dengan tujuan untuk mencapai tujuan keuangan tertentu. Konsep portofolio yang dikembangkan oleh Harry Markowitz (1952) menekankan pentingnya diversifikasi untuk mengurangi risiko investasi. Menurut Elton *et al.* (2014), manajemen portofolio melibatkan proses alokasi aset, pemilihan sekuritas, dan evaluasi kinerja untuk mencapai keseimbangan optimal antara risiko dan *return*.

Return Portofolio

Return portofolio merupakan rata-rata tertimbang dari *return* individual masing-masing aset dalam portofolio. Bodie *et al.* (2024) menjelaskan bahwa *return* portofolio mencerminkan kinerja keseluruhan dari kombinasi aset yang dimiliki investor.

Misalnya R_i merupakan peubah acak yang merepresentasikan *return* dari saham ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$. Misalkan pula y_i merupakan proporsi saham yang diinvestasikan untuk saham ke- i . *Expected return* portofolio dapat didefinisikan sebagai:

$$r(y_1, y_2, \dots, y_n) = E \left[\sum_{i=1}^n R_i y_i \right] = \sum_{i=1}^n E[R_i] y_i = \sum_{i=1}^n r_i y_i \quad (10)$$

dengan

- r_i : *expected return* saham ke- i ,
- y_i : proporsi saham ke- i ,
- n : banyaknya saham dalam portofolio.

Risiko Portofolio

Risiko portofolio mengukur ketidakpastian *return* yang akan diperoleh dari suatu kombinasi aset. Risiko portofolio dapat dihitung dengan mencari standar deviasi dari portofolio itu sendiri dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma(y_1, y_2, \dots, y_n) = \sqrt{E \left[\left(\sum_{i=1}^n R_i y_i - E \left[\sum_{i=1}^n R_i y_i \right] \right)^2 \right]} \quad (11)$$

2.6 Model Semi Mean Absolute Deviation

Pada tahun 1993 Speranza mengembangkan model *Semi Mean Absolute Deviation* (Semi-MAD) yang termotivasi dari model *Mean Absolute Deviation* (MAD) yang dibuat oleh Konno dan Yamazaki. Semi-MAD menawarkan pendekatan yang lebih efisien dengan mengambil fungsi risiko sebagai kombinasi linear dari rata-rata deviasi semi-absolut, yaitu rata-rata deviasi di bawah *return* portofolio, sebuah model yang dihasilkan ekuivalen dengan model rata-rata deviasi absolut. Selain itu, secara substansial model ini dapat mengurangi jumlah kendala hingga setengahnya dibandingkan dengan model MAD (Lam *et al.* 2018). Oleh karena itu, optimasi portofolio dengan ukuran risiko Semi-MAD telah umum digunakan untuk menyusun portofolio optimal karena kemudahan penerapannya dalam menyelesaikan model pemrograman linier (Sehgal dan Jagadeesh 2023).

Misalkan r_{it} atau *return* saham ke- i pada periode waktu t merupakan realisasi dari peubah acak R_i selama periode t , $t = 1, 2, \dots, T$ yang diasumsikan tersedia melalui data historis. Nilai *expected return* saham ke- i atau r_i dapat didekati dengan menghitung rata-rata dari r_{it} dengan rumus:

$$r_i = E[R_i] = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_{it} \quad (12)$$

Nilai deviasi semi-absolut dari *return* saham ke- i pada periode waktu t di bawah *expected return* selama periode t , $t = 1, 2, \dots, T$ dapat dinyatakan sebagai:

$$\begin{aligned} w_t(y_1, y_2, \dots, y_n) &= \left| \min \left\{ 0, \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \right\} \right| \\ &= \frac{1}{2} \left(\left| \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \right| + \sum_{i=1}^n (r_i - r_{it}) y_i \right) \end{aligned} \quad (13)$$

$$= \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \geq 0 \\ -\sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i, & \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i < 0 \end{cases}$$

Oleh karena itu, *expected* deviasi semi-absolut dari *return* saham ke-*i* pada periode waktu *t* di bawah *expected return* diberikan oleh

$$\begin{aligned} w(y_1, y_2, \dots, y_n) &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T w_t(y_1, y_2, \dots, y_n) \\ &= \sum_{t=1}^T \frac{1}{2T} \left(\left| \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \right| + \sum_{i=1}^n (r_i - r_{it}) y_i \right) \quad (14) \end{aligned}$$

2.7 Kendala *Buy-in Threshold* dan *Cardinality*

Kendala *buy-in threshold* digunakan untuk menghindari alokasi proporsi investasi yang terlalu kecil pada suatu saham (Lazulfa dan Saputro 2017). Investor umumnya menghindari proporsi investasi yang kecil karena selain harus mengeluarkan dana untuk pembelian saham, terdapat biaya transaksi lain yang harus ditanggung. Jika proporsi investasi pada saham tertentu terlalu kecil, maka potensi *return* yang dihasilkan juga rendah, sehingga bukannya mendapatkan keuntungan melainkan menyebabkan kerugian bagi investor. Kondisi ini tentunya tidak menarik bagi investor. Oleh karena itu, batas minimum proporsi diterapkan agar proporsi investasi tidak terlalu kecil.

Sedangkan, kendala *cardinality* digunakan untuk membatasi jumlah saham yang ingin dibeli (Branke *et al.* 2009). Misalnya, seorang investor dapat menentukan hanya beberapa saham tertentu dari *n* saham yang tersedia untuk memaksimalkan *return* dan meminimalkan risiko. Hal ini bertujuan untuk menjaga efisiensi investasi dan mengurangi biaya pengelolaan, seperti waktu dan usaha yang diperlukan untuk memantau kinerja perusahaan yang masuk dalam portofolio (Branke *et al.* 2009). Kendala ini juga membantu investor lebih fokus pada aset dengan prospek terbaik, sehingga pengelolaan portofolio menjadi lebih optimal.

2.8 *Sharpe Ratio*

Sharpe ratio yang diperkenalkan oleh William F. Sharpe pada tahun 1966 merupakan alat evaluasi yang digunakan untuk mengukur kinerja investasi berdasarkan rasio dari *return* terhadap risikonya (Sharpe 1966). Dengan menggunakan *sharpe ratio*, investor dapat menentukan apakah *return* yang diperoleh sepadan dengan risiko yang diambil, sehingga sangat penting untuk pengambilan keputusan investasi (Fama dan French 2015). Semakin tinggi nilai *sharpe ratio*, semakin baik kinerja portofolio tersebut. *Sharpe ratio* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S_p = \frac{r(y_1, y_2, \dots, y_n) - r_f}{w(y_1, y_2, \dots, y_n)} \quad (15)$$

dengan

S_p : *sharpe ratio* portofolio,

$r(y_1, y_2, \dots, y_n)$: return portofolio,
 r_f : tingkat bunga bebas risiko,
 $w(y_1, y_2, \dots, y_n)$: risiko portofolio Semi-MAD.

2.9 Profil Risiko Investor

Profil risiko investor merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengidentifikasi sejauh mana seorang investor siap menghadapi potensi risiko serta preferensi mereka terkait dengan tingkat risiko dalam investasi (Jariyah *et al.* 2023). Proses ini sangat penting dalam pengambilan keputusan investasi, mengingat setiap individu memiliki karakteristik dan kecenderungan yang berbeda dalam menilai keseimbangan antara risiko dan imbal hasil dari suatu instrumen investasi.

Secara umum, terdapat tiga kategori utama dalam klasifikasi profil risiko investor, yang masing-masing mencerminkan tingkat toleransi dan preferensi terhadap risiko:

1. Investor Konservatif

Investor dengan profil risiko konservatif cenderung menghindari risiko dan lebih memilih instrumen investasi yang aman serta stabil. Mereka biasanya memprioritaskan perlindungan modal (*capital preservation*) di atas potensi keuntungan yang tinggi. Investor konservatif lebih nyaman dengan instrumen investasi seperti deposito, obligasi pemerintah, atau reksa dana pasar uang yang memiliki risiko rendah dan imbal hasil yang relatif kecil namun pasti. Tipe investor ini cocok bagi mereka yang memiliki tujuan keuangan jangka pendek atau yang tidak ingin mengambil risiko besar.

2. Investor Moderat

Investor dengan profil risiko moderat memiliki keseimbangan antara keinginan untuk mendapatkan imbal hasil yang lebih tinggi dan kesediaan untuk menerima risiko yang sedang. Mereka cenderung memilih portofolio investasi yang beragam, menggabungkan instrumen berisiko rendah dan menengah, seperti saham *blue-chip*, reksa dana campuran, atau obligasi korporasi. Investor moderat biasanya memiliki tujuan keuangan jangka menengah, seperti persiapan dana pendidikan atau perencanaan pensiun, dan mampu menerima fluktuasi nilai investasi dalam batas tertentu.

3. Investor Agresif

Investor dengan profil risiko agresif memiliki toleransi risiko yang tinggi dan cenderung mencari imbal hasil maksimal dalam waktu relatif singkat. Mereka siap menghadapi volatilitas pasar yang tinggi dan tidak takut mengalami kerugian dalam jangka pendek demi potensi keuntungan besar di masa depan. Investor agresif biasanya memilih instrumen investasi berisiko tinggi seperti saham *growth*, reksa dana saham, atau bahkan investasi dalam aset *cryptocurrency* dan derivatif. Tipe investor ini cocok bagi mereka yang memiliki tujuan keuangan jangka panjang dan memiliki pengetahuan serta pengalaman yang cukup dalam dunia investasi.

III METODE

3.1 Data dan Perangkat Lunak

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis harga saham harian, hasil penghitungan *return*, dan volatilitas saham tahunan serta data profil saham yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI). Data historis diperoleh melalui pengolahan menggunakan perangkat lunak R Studio, dengan periode pengamatan yang mencakup satu tahun penuh, yakni dari 1 Juli 2023 hingga 30 Juni 2024. Data profil saham yang berupa kode saham, nama perusahaan, dan tanggal pencatatan bersumber dari laman resmi Bursa Efek Indonesia (BEI). Per Oktober 2024, terdapat 938 emiten saham yang terdaftar di BEI. Namun, data yang digunakan dalam analisis lebih lanjut hanya 769 emiten. Seleksi ini dilakukan dengan memilih saham-saham yang melakukan *Initial Public Offering* (IPO) sebelum Januari tahun 2023. Langkah ini bertujuan untuk memastikan stabilitas data serta ketersediaan informasi historis yang memadai untuk analisis lebih lanjut.

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak R Studio dan Julia dengan *package* sebagai berikut:

1. *Package* R Studio yaitu *tidyquant*, *tidyverse*, *lubridate*, *openxlsx*, *ggrepel*, *ggplot2*, *reshape2*, *factoextra*, *dbscan*, *fpc*.
2. *Package* Julia yaitu *Jump* dan *GLPK*.

3.2 Pengolahan dan Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Praproses data:
 - a. Mengambil data profil saham perusahaan di laman Bursa Efek Indonesia, dengan memilih *Initial Public Offering* (IPO) sebelum Januari tahun 2023.
 - b. Mengambil data harga saham harian menggunakan *package tidyquant* di R Studio.
 - c. Menghitung nilai *return* dan volatilitas tahunan untuk setiap saham.
2. Deteksi *outlier* menggunakan DBSCAN:
 - a. Menentukan parameter *MinPts* (jumlah minimum data tetangga) dan *eps* (jarak maksimum antar data) menggunakan metode *knee plot*.
 - b. Menjalankan algoritma DBSCAN untuk mengidentifikasi data *outlier* berdasarkan parameter yang telah ditentukan.
 - c. Mengeluarkan data *outlier* dengan memfilter data yang termasuk dalam *noise points*, yaitu data yang tidak terhubung ke kelompok manapun.
3. Melakukan *K-Means clustering*:
 - a. Menentukan jumlah *cluster* optimal (*K*) menggunakan kombinasi metode *elbow* dan *silhouette*.
 - b. Melakukan proses *clustering* menggunakan nilai *K* yang telah ditentukan, dengan variabel *return* dan volatilitas saham.
4. Memilih saham-saham dalam suatu *cluster* dengan memperhitungkan korelasi *Kendall's Tau* antar saham untuk pembentukan portofolio.
5. Menghitung *return* saham bulanan berdasarkan saham yang terpilih.

6. Membentuk model optimasi *Semi Mean Absolute Deviation* (Semi-MAD) dengan kendala *buy-in threshold* dan *cardinality*, serta menyelesaikan model dengan menggunakan *linear programming*.
7. Membentuk portofolio optimal berdasarkan model yang dibentuk dan menghitung imbal hasil, risiko, serta *sharpe ratio* portofolio.
8. Menyusun rekomendasi portofolio saham optimal berdasarkan hasil yang telah diperoleh.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Praproses Data

Terdapat 938 profil saham perusahaan yang tercatat dalam laman Bursa Efek Indonesia pada Oktober 2024. Sebanyak 769 saham perusahaan digunakan pada penelitian ini. Saham-saham ini dipilih berdasarkan kriteria pencatatan pada Bursa Efek Indonesia sebelum tahun 2023 untuk memastikan stabilitas dan ketersediaan data historis saham. Beberapa data profil saham perusahaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data profil saham perusahaan

No.	Kode Saham	Nama Perusahaan	Tanggal Pencatatan	Jumlah Lembar Saham	Papan Pencatatan
1	AALI	Astra Agro Lestari Tbk.	09 Des 1997	1,924,688,333	Utama
2	ABBA	Mahaka Media Tbk.	03 Apr 2002	3,935,892,857	Pemantauan Khusus
3	ABDA	Asuransi Bina Dana Arta Tbk.	06 Jul 1989	620,806,680	Pemantauan Khusus
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
767	ZINC	Kapuas Prima Coal Tbk.	16 Okt 2017	25,250,000,000	Pemantauan Khusus
768	ZONE	Mega Perintis Tbk.	12 Des 2018	870,171,478	Pengembangan
769	ZYRX	Zyrexindo Mandiri Buana Tbk.	30 Mar 2021	1,333,334,556	Pengembangan

Dengan bantuan R Studio, data historis harga saham harian diambil dan diperoleh sebanyak 180715 data selama periode 1 Juli 2023 hingga 30 Juni 2024. Beberapa data historis harga saham harian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data historis harga saham harian

No.	Symbol	Date	Open	High	Low	Close	Volume	Adjusted
1	AALI	7/3/2023	7,475	7,625	7,475	7,600	1,059,500	7,230.41210
2	AALI	7/4/2023	7,650	7,725	7,550	7,600	1,458,600	7,230.41210
3	AALI	7/5/2023	7,600	7,700	7,600	7,625	484,500	7,254.19677
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
180713	ZYRX	6/26/2024	147	155	145	149	299,900	149
180714	ZYRX	6/27/2024	149	155	149	153	209,400	153
180715	ZYRX	6/28/2024	153	158	150	158	175,000	158

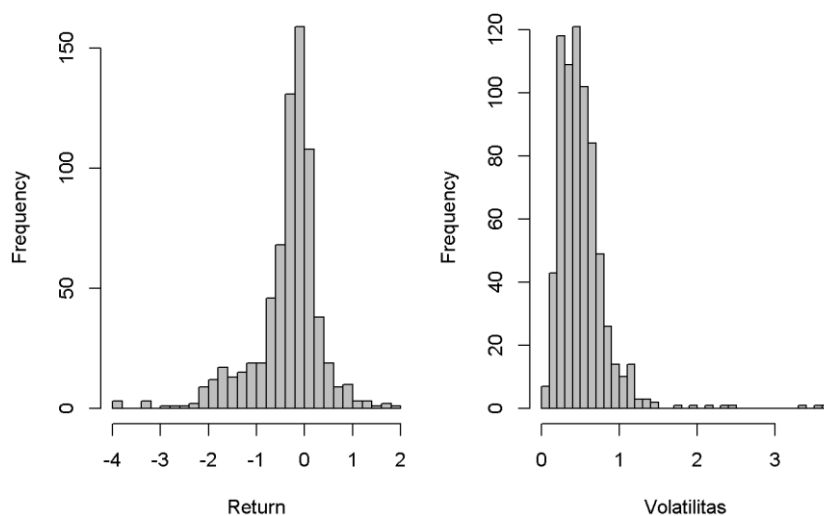
Pada data historis harga saham harian, harga *close* akan digunakan untuk menghitung nilai variabel *return* dan volatilitas tahunan tiap saham. Kedua variabel tersebut akan digunakan untuk melakukan proses *clustering* saham. Nilai *return* dan volatilitas didapat dengan melakukan penghitungan menggunakan persamaan (1) dan (2). Selanjutnya, data akan dibersihkan dengan membuang data yang memiliki nilai *return* dan volatilitas sebesar nol. Tujuan dari pembersihan data ini adalah untuk menghapus data yang tidak memiliki variasi atau pergerakan, sehingga memastikan bahwa analisis hanya dilakukan pada data yang relevan. Dengan demikian, hasil analisis dapat lebih akurat dan mencerminkan kondisi yang

sebenarnya. Beberapa hasil penghitungan nilai *return* dan volatilitas saham tahunan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data hasil penghitungan *return* dan volatilitas selama satu tahun

No.	Kode Saham	<i>Return</i>	Volatilitas
1	AALI	-0.341749294	0.1790629
2	ABBA	-1.577349598	0.5066646
3	ABDA	-0.231111721	0.1154451
⋮	⋮	⋮	⋮
711	ZINC	-1.347073648	0.6049433
712	ZONE	-0.004773279	0.1025159
713	ZYRX	-0.321900030	0.5593239

Setelah dilakukan penghitungan dan pembersihan, sebanyak 56 data saham memiliki nilai *return* dan volatilitas sebesar nol sehingga data yang tersisa sebanyak 713. Dari data tersebut, 194 saham memiliki *return* positif, dan 519 saham memiliki *return* negatif. *Return* saham terbesar dimiliki oleh saham DSSA dengan nilai 1.807888851, sedangkan *return* saham terkecil dimiliki oleh saham BTEK, TAXI, dan TOPS dengan nilai yang sama yaitu -3.912023. Volatilitas saham terbesar terdapat pada saham MKNT dengan nilai 3.6754306, sementara saham BOSS memiliki nilai volatilitas terkecil yaitu 0.02871970.



Gambar 2 Histogram nilai *return* dan volatilitas saham selama satu tahun

Pada histogram *return* saham menunjukkan distribusi data yang terpusat di sekitar nol dengan sebagian besar nilai *return* terkonsentrasi di dekat rata-rata. Fenomena ini umum terjadi pada pasar saham, di mana nilai rata-rata sering kali merupakan nilai yang paling sering muncul. Meskipun secara keseluruhan distribusi tampak simetris, terdapat beberapa nilai di sisi kiri yang menunjukkan adanya saham dengan *return* negatif yang sangat besar. Nilai-nilai ini mencerminkan adanya saham yang mengalami penurunan signifikan, namun dapat dianggap sebagai *outlier* karena berada jauh di luar rentang rata-rata.

Sementara itu, histogram volatilitas menunjukkan sebaran yang lebih condong ke arah nilai rendah dengan ekor yang memanjang ke kanan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar instrumen saham dalam periode waktu satu

tahun memiliki nilai volatilitas yang rendah, tetapi beberapa saham menunjukkan nilai volatilitas tinggi. Ekor panjang pada distribusi ini mengindikasikan adanya *outlier* atau nilai yang jauh di atas rata-rata, yang menandakan terjadinya ketidakstabilan pasar saham.

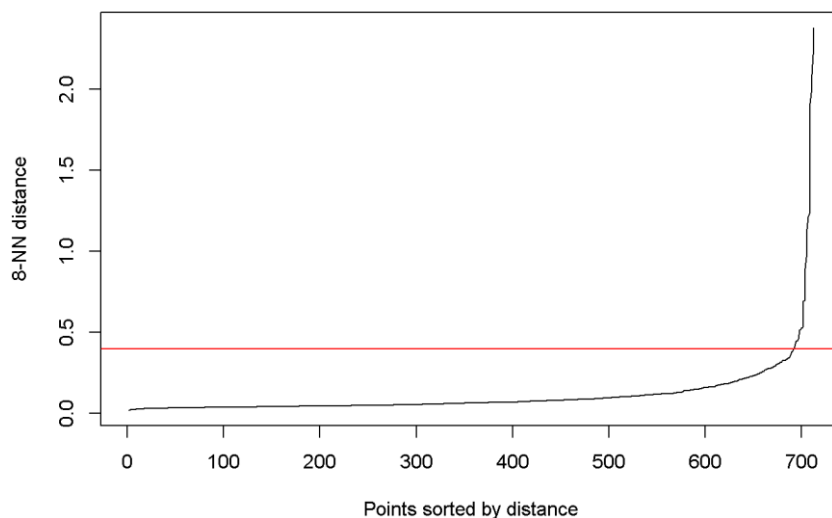
4.2 Deteksi *Outlier*

Deteksi *outlier* merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memisahkan data yang memiliki perbedaan signifikan dari data lain dalam sebuah kumpulan data. Teknik ini sangat penting khususnya dalam penggunaan metode *K-Means*, karena *outlier* dapat mempengaruhi pembentukan *cluster* yang dapat menyebabkan perubahan karakteristik dari *cluster* tersebut. Proses deteksi *outlier* dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan algoritma DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) yang merupakan metode pengelompokan berbasis kepadatan data.

4.2.1 Penentuan Nilai Parameter *Minimum Points (MinPts)* dan *Epsilon (eps)*

Dalam penggunaan algoritma DBSCAN untuk deteksi *outlier*, penentuan parameter *minimum points (MinPts)* dan *epsilon (eps)* merupakan langkah krusial yang berpengaruh pada efektivitas identifikasi *outlier* dan pembentukan *cluster*. Parameter *MinPts* menentukan jumlah minimum titik tetangga yang dibutuhkan untuk membentuk sebuah *cluster*, sedangkan *eps* menentukan jarak maksimum antar titik data untuk dapat dianggap sebagai bagian dari *cluster* yang sama. Nilai *MinPts* biasanya dipilih oleh pengguna berdasarkan kepadatan data yang ingin dianalisis.

Pemilihan *MinPts* yang sesuai bergantung pada jumlah titik data yang diharapkan berada di sekitar suatu titik agar dianggap sebagai inti dari *cluster*. Secara umum, nilai *MinPts* dipilih antara 4 hingga 5 untuk *dataset* yang lebih kecil atau lebih jarang, sementara *dataset* yang lebih besar mungkin memerlukan *MinPts* yang lebih tinggi. Parameter *eps* kemudian disesuaikan agar memberikan jarak optimal yang dapat mengelompokkan titik data dengan baik. Untuk menentukan nilai *eps* yang optimal, penelitian ini menggunakan *knee plot* yang menampilkan perubahan jarak antar titik data dalam urutan menaik. *Knee plot* memvisualisasikan perubahan jarak di mana terdapat "tekukan" yang menunjukkan peningkatan jarak tidak lagi menghasilkan perubahan signifikan dalam struktur *cluster*.

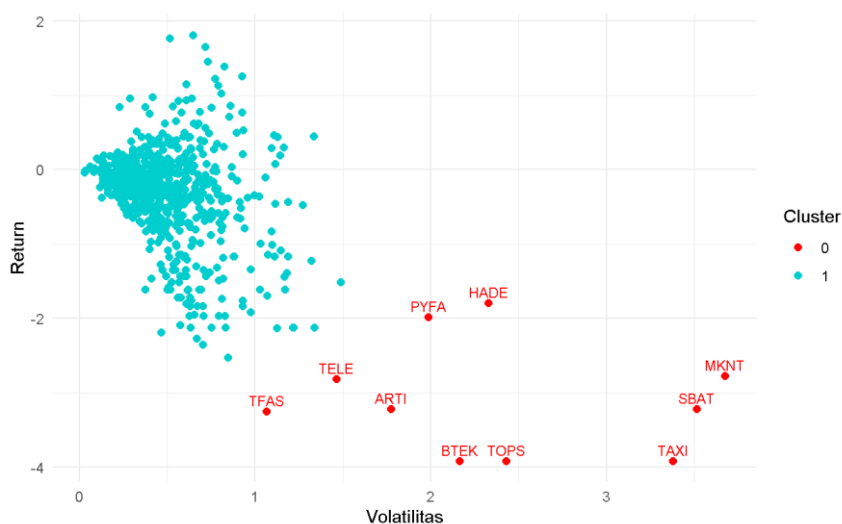


Gambar 3 Grafik *knee plot* DBSCAN

Berdasarkan Gambar 3, dengan menggunakan nilai *MinPts* 8 didapat jarak atau parameter *eps* yang optimal yaitu sekitar 0.4. Nilai *eps* 0.4 ini didapatkan dengan mengidentifikasi titik "tekukan" pada grafik. Hasil penentuan parameter *eps* sebesar 0.4 dan *MinPts* sebesar 8 memungkinkan pemisahan *outlier* secara efektif untuk analisis lebih lanjut.

4.2.2 Mengidentifikasi dan Mengeluarkan Data *Outlier*

Setelah menentukan parameter *MinPts* sebesar 8 dan *eps* sebesar 0.4, algoritma DBSCAN dijalankan untuk mendeteksi *outlier* dalam *dataset*. Dari 713 data saham awal, DBSCAN berhasil mengidentifikasi 10 data sebagai *outlier* yang kemudian dikeluarkan dari *dataset*.



Gambar 4 Plot *outlier* data

Berdasarkan Gambar 4, data yang teridentifikasi sebagai *outlier* adalah ARTI, BTEK, HADE, MKNT, PYFA, SBAT, TAXI, TELE, TFAS, dan TOPS. *Outlier* ini ditandai sebagai titik yang berada di *cluster* 0 (diberi warna merah), yang jauh

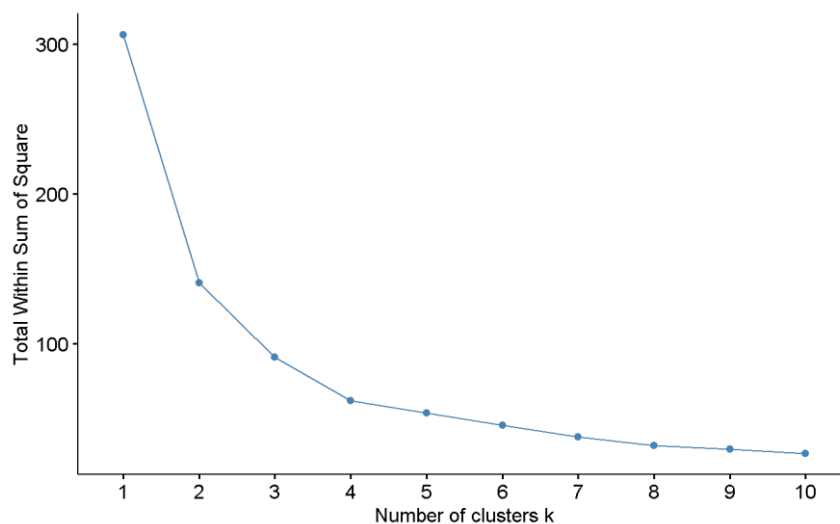
dari distribusi utama data. Data lainnya yang membentuk *cluster* 1 (diberi warna biru), dianggap sebagai bagian dari kelompok utama dan dipertahankan untuk analisis selanjutnya. Setelah mengeluarkan 10 *outlier* ini, jumlah data yang tersisa adalah 703 data yang lebih representatif dan siap digunakan untuk proses *clustering*.

4.3 K-Means Clustering

4.3.1 Penentuan Banyaknya Cluster dengan Teknik *Elbow* dan *Silhouette*

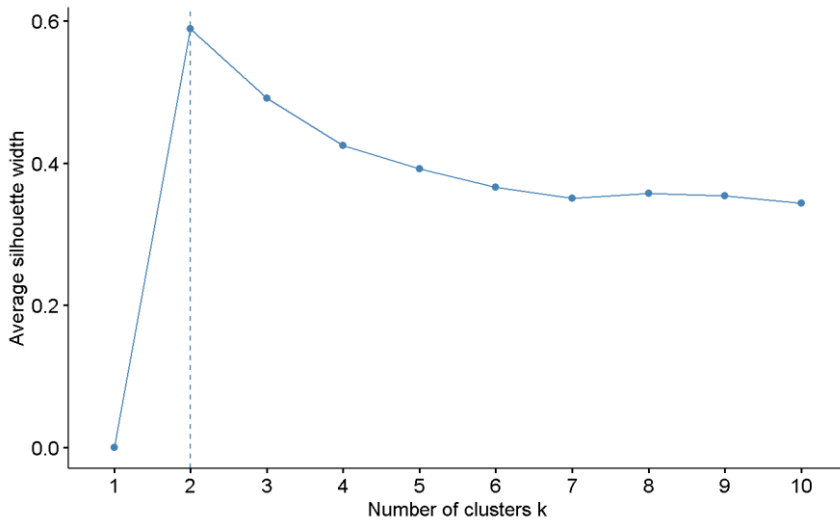
Dalam penerapan algoritma *K-Means*, penentuan jumlah *cluster* yang optimal merupakan langkah penting untuk memastikan data dikelompokkan dengan baik. Pada penelitian ini, metode *elbow* dan *silhouette* digunakan secara bersamaan untuk mendapatkan jumlah *cluster* yang paling sesuai.

Metode *elbow* mengacu pada penurunan *Total Within Sum of Squares* (TWSS) atau jumlah kuadrat dalam *cluster*. Dari grafik *elbow* pada Gambar 5, terlihat bahwa nilai TWSS menurun tajam pada jumlah *cluster* rendah, lalu mulai mendatar di sekitar titik tertentu.



Gambar 5 Plot *elbow*

Titik "tekukan" atau *elbow* ini mengindikasikan jumlah *cluster* optimal, di mana penambahan jumlah *cluster* tidak lagi menghasilkan pengurangan yang signifikan dalam TWSS. Berdasarkan grafik *elbow*, titik optimal diperkirakan berada pada jumlah *cluster* antara 2 atau 4. Sebagai pelengkap, metode *silhouette* digunakan untuk mengevaluasi kualitas *clustering* berdasarkan nilai *Average Silhouette Width* (ASW).



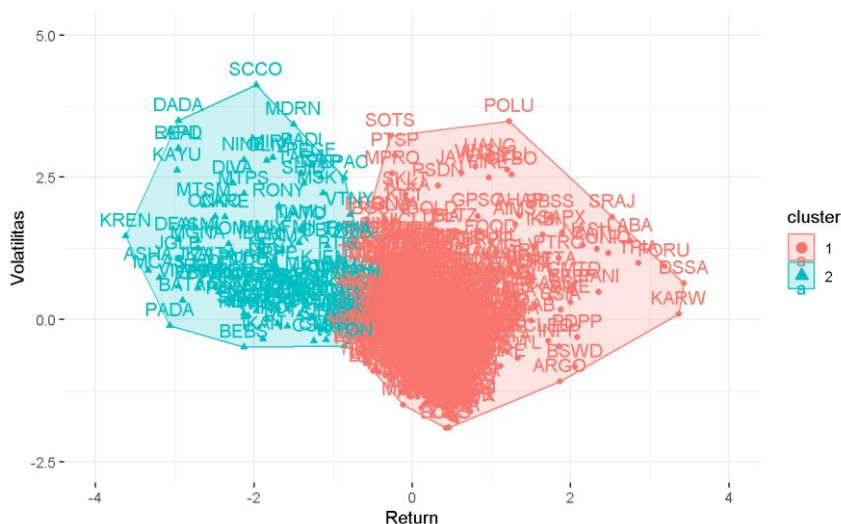
Gambar 6 Plot *silhouette*

Grafik *silhouette* pada Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai ASW mencapai puncaknya pada $K = 2$, yang menandakan bahwa dua *cluster* memberikan pemisahan *cluster* yang baik. Berdasarkan kombinasi kedua metode ini, jumlah *cluster* yang optimal bernilai 2, dengan mempertimbangkan keseimbangan antara penurunan TWSS dan nilai ASW yang memadai. Jumlah *cluster* ini digunakan untuk proses *clustering* selanjutnya dengan variabel *return* dan volatilitas saham sebagai *input*.

4.3.2 Clustering

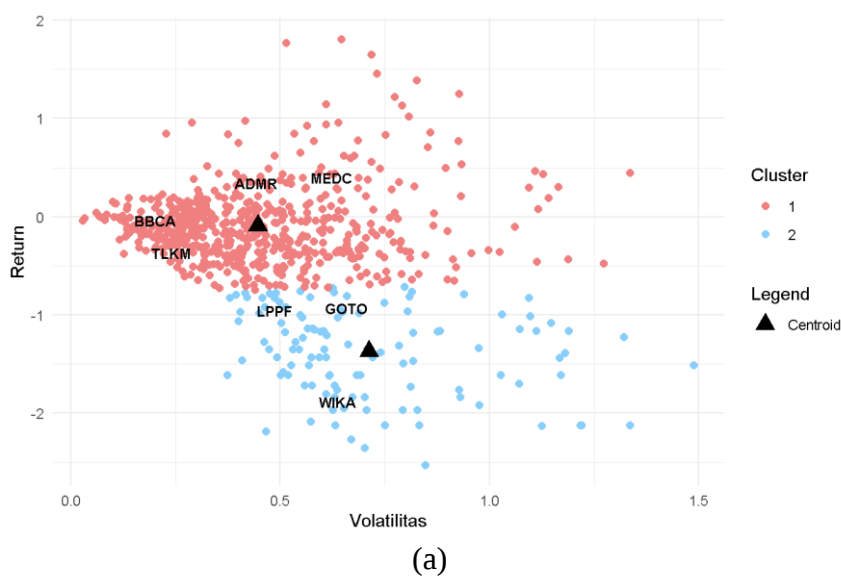
Setelah menentukan jumlah *cluster* yang optimal menggunakan metode *elbow* dan *silhouette*, proses *clustering K-Means* diterapkan dengan menggunakan dua variabel, yaitu *return* dan volatilitas saham. Variabel ini dipilih karena keduanya merupakan indikator penting yang menggambarkan hubungan antara risiko dan potensi pengembalian investasi, yang menjadi perhatian utama bagi investor.

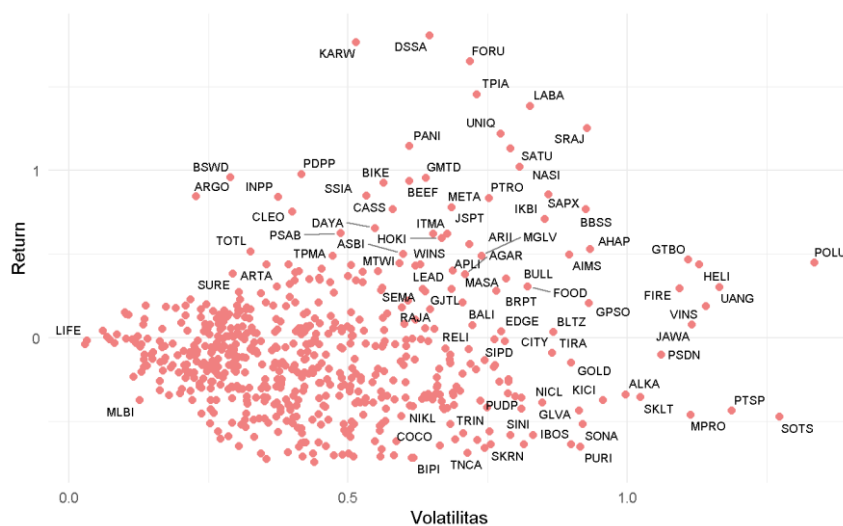
Dalam algoritma *K-Means*, data saham dikelompokkan berdasarkan jarak *euclid* dari *centroid* setiap *cluster*. Dengan jumlah *cluster* yang ditetapkan sebanyak dua, proses iterasi dilakukan untuk memastikan bahwa pembagian data menghasilkan *cluster* yang paling representatif dari karakteristik utama saham. Dengan menggunakan fungsi *kmeans()* dan *fviz_cluster()* pada R Studio, didapat hasil visualisasi *cluster K-Means* adalah sebagai berikut.



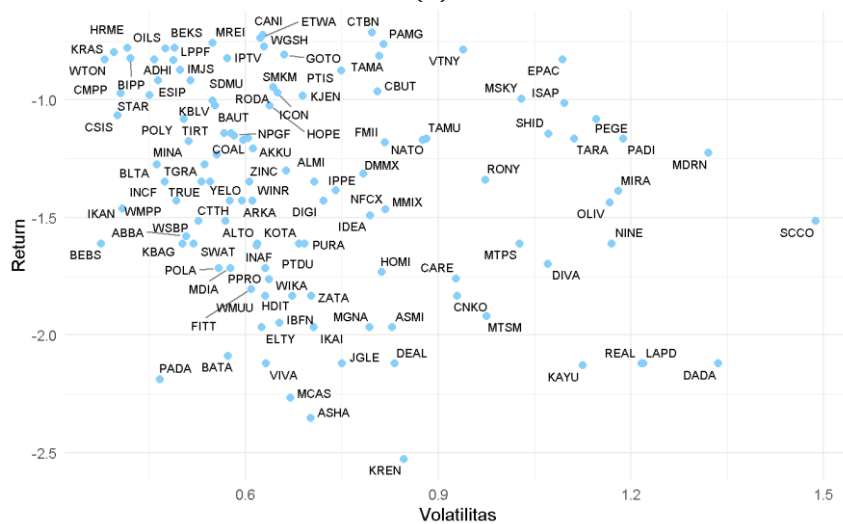
Gambar 7 Clustering K-Means

Untuk memberikan tampilan visualisasi yang lebih baik, Gambar 8 menyajikan visualisasi tambahan yang mencakup plot gabungan seluruh *cluster* (a) serta masing-masing *cluster* secara terpisah (b, c). Visualisasi ini membantu memperjelas pola karakteristik yang muncul di tiap *cluster*, sehingga mempermudah analisis dan interpretasi lebih lanjut.





(b)



(c)

Gambar 8 Plot variabel *return* dan volatilitas untuk (a) gabungan, (b) *cluster* 1, (c) *cluster* 2

Selanjutnya, untuk memahami karakteristik masing-masing *cluster*, dilakukan penghitungan nilai rata-rata, minimum, dan maksimum dari variabel *return* dan volatilitas untuk setiap *cluster*. Statistik deskriptif tersebut disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Statistik deskriptif masing-masing *cluster*

Keterangan		Cluster 1	Cluster 2
Return Tahunan	<i>Minimum</i>	-0.74163205	-2.5257286
	<i>Maximum</i>	1.80788885	-0.7113295
	<i>Average</i>	-0.08908831	-1.3704474
Volatilitas	<i>Minimum</i>	0.02871970	0.3740344
	<i>Maximum</i>	1.33524862	1.4875277
	<i>Average</i>	0.44682094	0.7121934

Berdasarkan hasil *clustering* pada Gambar 8 dan statistik deskriptif pada Tabel 4, di mana data saham terbagi ke dalam dua kelompok yang berbeda. *Cluster* ini merepresentasikan karakteristik yang berbeda dari saham berdasarkan hubungan antara *return* dan volatilitas.

1. *Cluster 1*

Cluster 1 terdiri dari 587 saham yang ditandai dengan warna merah pada grafik hasil *clustering*. Berdasarkan nilai *return* dan volatilitas, saham-saham *cluster 1* mendominasi saham-saham *cluster 2*, di mana saham-saham *cluster 1* memiliki nilai *return* yang lebih tinggi dengan volatilitas yang relatif lebih rendah. *Cluster* ini memiliki karakteristik berupa volatilitas yang rendah hingga sedang dengan rata-rata sebesar 0.4461431 dan *return* dengan rata-rata -0.08833587. Volatilitas rendah pada saham-saham di *cluster* ini menunjukkan kinerja perusahaan-perusahaan dalam kelompok tersebut cenderung stabil. Sebagian besar saham di *cluster* ini berasal dari perusahaan dengan kapitalisasi menengah hingga besar (*mid-large cap*), yang dikenal memiliki fundamental yang lebih kokoh. Contohnya, saham BBKA (Bank Central Asia) yang merupakan salah satu bank terbesar di Indonesia memiliki kinerja keuangan yang stabil dengan laba konsisten dan manajemen risiko yang baik. Selain itu, saham TLKM (Telkom Indonesia) yang bergerak di sektor telekomunikasi memiliki keuntungan berupa permintaan yang relatif stabil untuk layanan telekomunikasi di tengah kebutuhan konektivitas yang terus meningkat. Saham ADMR (Adaro Minerals Indonesia) yang bergerak di sektor pertambangan memiliki keuntungan dari harga komoditas yang kuat dan permintaan global yang terus meningkat. Demikian pula, saham MEDC (Medco Energi Internasional Tbk) yang bergerak di sektor energi menunjukkan *return* yang tinggi, didukung oleh permintaan global terhadap energi yang terus meningkat.

2. *Cluster 2*

Cluster 2 terdiri dari 116 saham yang ditandai dengan warna biru pada grafik hasil *clustering*. *Cluster* ini memiliki karakteristik berupa volatilitas yang relatif tinggi dengan rata-rata sebesar 0.7121934 dan *return* negatif dengan rata-rata sebesar -1.3704474. Saham-saham dalam kelompok ini menunjukkan kinerja yang kurang menguntungkan. Volatilitas tinggi pada saham-saham di *cluster* ini mengindikasikan tingkat ketidakpastian yang signifikan dalam pergerakan harga saham, sehingga menjadikan saham-saham di *cluster* ini lebih berisiko. Sebagian besar saham dalam *cluster* ini berasal dari perusahaan dengan kapitalisasi kecil hingga menengah (*small-mid cap*), yang lebih rentan terhadap sentimen pasar dan faktor eksternal seperti kondisi makroekonomi. Misalnya, saham WIKA (Wijaya Karya) yang terpengaruh oleh ketergantungan pada proyek pemerintah dan fluktuasi anggaran negara. Selain itu, saham GOTO (GoTo Gojek Tokopedia) yang masih berupaya mencapai profitabilitas di tengah persaingan yang ketat. Demikian pula, saham LPPF (Matahari Department Store) yang harus beradaptasi dengan disrupsi digital di sektor ritel yang memengaruhi daya saingnya.

Pengelompokan saham yang dilakukan menunjukkan bahwa saham-saham telah terklasifikasi berdasarkan karakteristik *return* dan risiko masing-masing. Hasil ini memberikan wawasan penting bagi para investor dalam menyusun strategi investasi mereka. Dengan adanya pembagian saham ke dalam *cluster* yang berbeda, investor memiliki fleksibilitas untuk memilih aset individu atau portofolio yang paling sesuai dengan preferensi mereka terhadap tingkat risiko dan potensi imbal hasil.

4.4 Pemilihan Saham

Berdasarkan hasil *clustering*, setiap *cluster* merepresentasikan karakteristik yang berbeda dalam hal profil risiko dan potensi *return* saham-saham di dalamnya. Hasil *clustering* ini menjadi acuan dalam proses pemilihan saham untuk membentuk portofolio yang optimal. Pemilihan saham bertujuan untuk menemukan kombinasi yang mampu memberikan *return* terbaik dengan risiko seminimal mungkin, sesuai dengan prinsip diversifikasi dalam investasi. Proses pemilihan saham dilakukan dengan membuat beberapa skenario untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan kombinasi saham dari *cluster-cluster* yang telah diidentifikasi. Kriteria pemilihan saham tiap skenario dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5 Kriteria pemilihan saham tiap skenario

Skenario	Cluster 1	Cluster 2	Return Tahunan	Volatilitas
1	10 saham	-	Tertinggi	< 1
2	-	10 saham	Tertinggi	< 1
3	5 saham	5 saham	Tertinggi	< 1
4	10 saham	-	-	Terendah
5	-	10 saham	-	Terendah
6	5 saham	5 saham	-	Terendah
7	10 saham	-	Tertinggi	< 0.3

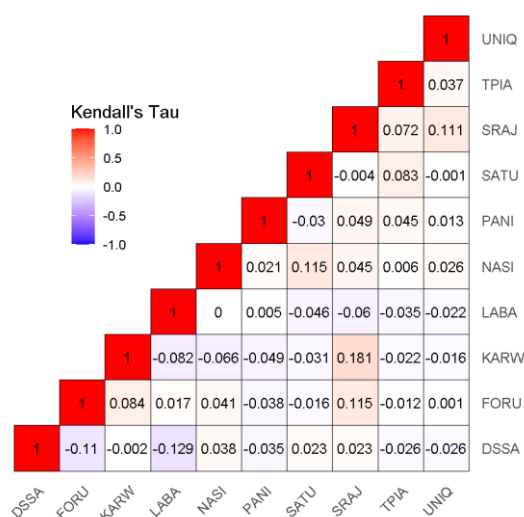
Saham juga dipilih berdasarkan hubungan antar saham dengan melihat nilai korelasi *Kendall's Tau*. Dengan pendekatan ini, diharapkan portofolio yang terbentuk mampu mencerminkan keunggulan masing-masing *cluster* sekaligus mengoptimalkan diversifikasi untuk meminimalkan risiko.

4.4.1 Skenario 1

Pada skenario 1, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 1 dengan nilai *return* tertinggi dan volatilitas kurang dari satu. Skenario ini memiliki karakteristik nilai *return* positif dan volatilitas tinggi. Saham-saham yang terpilih dalam skenario 1 disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 6 Saham-saham pada skenario 1

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
DSSA	1.8078889	0.645604659
KARW	1.7680897	0.514266449
FORU	1.6536091	0.718010183
TPIA	1.4564493	0.730575427
LABA	1.3862944	0.825888762
SRAJ	1.2516719	0.927127036
UNIQ	1.2219913	0.772864245
PANI	1.1454227	0.608804796
SATU	1.1314021	0.790806050
NASI	1.0238111	0.807201907

Gambar 9 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 1

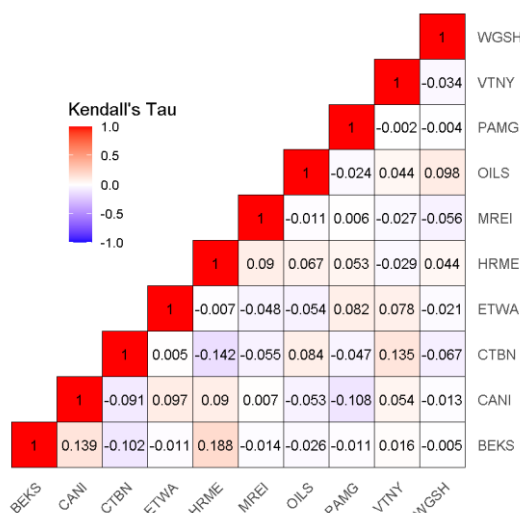
Rata-rata *return* dari saham-saham yang tergabung dalam skenario 1 adalah 1.384663, yang menunjukkan performa yang cukup baik secara keseluruhan. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya adalah 0.734115, yang mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang relatif tinggi. Berdasarkan Gambar 9, korelasi antar saham dalam skenario ini sebagian besar memiliki nilai yang rendah, hal ini menunjukkan hubungan yang lemah di antara mereka. Korelasi tertinggi tercatat antara saham KARW dan SRAJ, dengan nilai sebesar 0.181. Sedangkan korelasi terendah dimiliki antara saham DSSA dan LABA sebesar -0.129. Terdapat korelasi 0 antara saham LABA dan NASI.

4.4.2 Skenario 2

Pada skenario 2, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 2 dengan nilai *return* tertinggi dan volatilitas kurang dari satu. *Cluster* ini bisa disebut sebagai *cluster* dengan karakteristik kurang menguntungkan karena saham-saham yang tergabung di dalamnya memiliki *return* negatif serta volatilitas yang relatif tinggi. Saham-saham yang termasuk dalam skenario ini disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 7 Saham-saham pada skenario 2

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
CTBN	-0.7113295	0.796366799
CANI	-0.7221347	0.626018473
ETWA	-0.7351114	0.622802196
MREI	-0.7555175	0.547903876
PAMG	-0.7608058	0.814273220
WGSJ	-0.7707054	0.628623865
BEKS	-0.7765288	0.488766285
HRME	-0.7765288	0.415352112
OILS	-0.7795797	0.474524721
VTNY	-0.7850847	0.938350385



Gambar 10 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 2

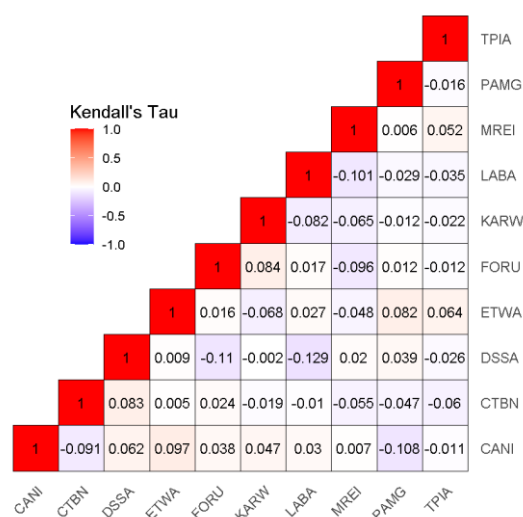
Rata-rata *return* dari saham-saham dalam skenario ini adalah -0.7573326, yang menunjukkan performa negatif secara keseluruhan. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya adalah 0.6352982, yang mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang tinggi. Berdasarkan Gambar 10, mayoritas saham pada skenario ini memiliki nilai korelasi yang rendah, hal ini menunjukkan hubungan yang lemah antar saham-saham pada skenario ini. Nilai korelasi tertinggi dimiliki antara saham BEKS dan HRME sebesar 0.188. Sedangkan korelasi terendah dimiliki antara saham CTBN dan HRME sebesar -0.142.

4.4.3 Skenario 3

Pada skenario 3, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 1 dan 2. Gabungan *cluster* ini mencakup saham-saham dengan nilai *return* tertinggi dan volatilitas kurang dari satu pada setiap *cluster*. Nilai *return* pada skenario ini bervariasi termasuk *return* positif dan negatif, serta tingkat volatilitas yang tinggi. Saham-saham yang tergabung dalam skenario ini disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 8 Saham-saham pada skenario 3

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
DSSA	1.8078889	0.6456047
KARW	1.7680897	0.5142664
FORU	1.6536091	0.7180102
TPIA	1.4564493	0.7305754
LABA	1.3862944	0.8258888
CTBN	-0.7113295	0.7963668
CANI	-0.7221347	0.6260185
ETWA	-0.7351114	0.6228022
MREI	-0.7555175	0.5479039
PAMG	-0.7608058	0.8142732

Gambar 11 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 3

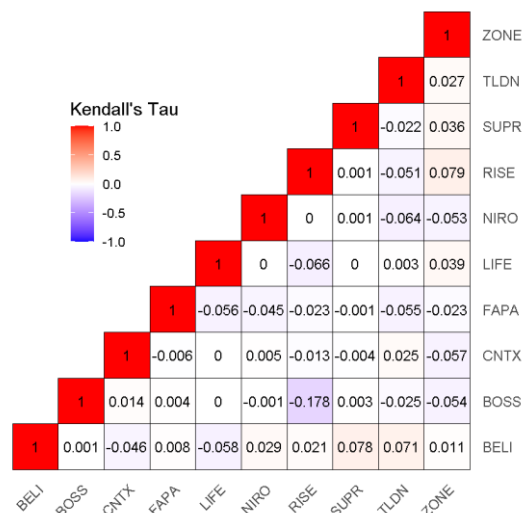
Rata-rata *return* dari saham-saham pada skenario ini adalah 0.4387432, yang menunjukkan bahwa secara keseluruhan saham dalam skenario ini tetap menghasilkan performa positif meskipun beberapa saham memiliki *return* negatif. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya sebesar 0.684171, yang mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang tinggi. Berdasarkan Gambar 11, sebagian besar saham dalam skenario 3 memiliki hubungan korelasi yang rendah. Korelasi terendah tercatat antara saham DSSA dan LABA, dengan nilai sebesar -0.129. Sedangkan korelasi tertinggi terjadi antara saham CANI dan ETWA, dengan nilai sebesar 0.097.

4.4.4 Skenario 4

Pada skenario 4, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 1 dengan nilai volatilitas terendah. Skenario ini mencakup saham dengan *return* bervariasi, termasuk *return* positif dan negatif. Saham-saham yang tergabung dalam skenario ini disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 9 Saham-saham pada skenario 4

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
BOSS	-0.0392207	0.028719701
LIFE	-0.0163938	0.032127230
FAPA	0.0433803	0.060085385
RISE	0.0050633	0.067823019
NIRO	-0.0071175	0.073004615
TLDN	-0.0314633	0.080910484
BELI	0.0216928	0.085551131
CNTX	0.1518060	0.100300108
ZONE	-0.0047734	0.102515876
SUPR	0.1404011	0.102559407



Gambar 12 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 4

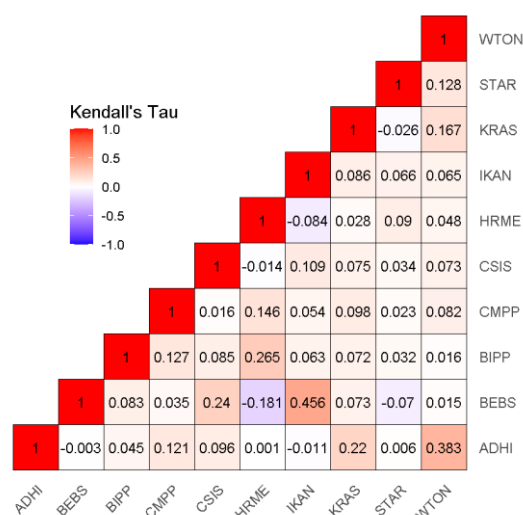
Rata-rata *return* dari saham-saham dalam skenario ini adalah 0.0263375, yang menunjukkan bahwa secara keseluruhan saham dalam skenario ini tetap menghasilkan performa positif meskipun beberapa saham memiliki *return* negatif. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya adalah 0.0733597, mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang sangat rendah. Berdasarkan Gambar 12, hubungan antar saham sebagian besar memiliki nilai korelasi yang rendah. Korelasi terendah terjadi antara saham BOSS dan RISE, dengan nilai -0.178. Terdapat 5 pasangan saham yang memiliki nilai korelasi sebesar 0.

4.4.5 Skenario 5

Pada skenario 5, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 2 dengan nilai volatilitas terendah. Skenario ini berisi saham-saham dengan nilai *return* negatif yang cukup tinggi. Saham-saham yang tergabung dalam skenario ini disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 10 Saham-saham pada skenario 5

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
BEBS	-1.6094379	0.374034421
WTON	-0.8266786	0.379762541
KRAS	-0.7942433	0.394278515
CSIS	-1.0647107	0.399899658
CMPP	-0.9713505	0.404964723
IKAN	-1.4604023	0.408026168
HRME	-0.7765288	0.415352112
BIPP	-0.8209806	0.420030572
STAR	-0.9783261	0.449633600
ADHI	-0.8260439	0.457675256

Gambar 13 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 5

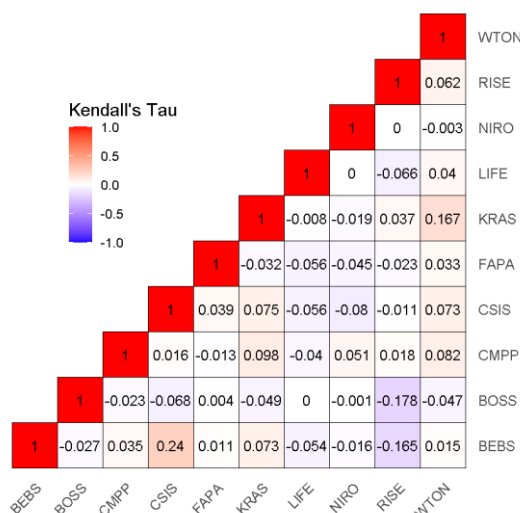
Rata-rata *return* saham-saham dalam skenario ini adalah -1.01287, yang menunjukkan bahwa dalam skenario ini menghasilkan performa yang tidak menguntungkan. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya adalah 0.4103658, yang mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang sedang. Berdasarkan Gambar 13, hubungan antar saham dalam skenario ini sebagian besar memiliki nilai korelasi rendah hingga sedang. Korelasi tertinggi tercatat antara saham BEBS dan IKAN dengan nilai 0.456, sedangkan korelasi terendah terjadi antara saham BEBS dan HRME dengan nilai -0.181.

4.4.6 Skenario 6

Pada skenario 6, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 1 dan 2. Gabungan *cluster* ini mencakup saham-saham dengan nilai volatilitas terendah pada setiap *cluster*. Nilai *return* pada skenario ini bervariasi termasuk *return* positif dan negatif. Saham-saham yang tergabung dalam skenario ini disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 11 Saham-saham pada skenario 6

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
BOSS	-0.0392207	0.028719701
LIFE	-0.0163938	0.032127230
FAPA	0.0433803	0.060085385
RISE	0.0050633	0.067823019
NIRO	-0.0071175	0.073004615
BEBS	-1.6094379	0.374034421
WTON	-0.8266786	0.379762541
KRAS	-0.7942433	0.394278515
CSIS	-1.0647107	0.399899658
CMPP	-0.9713505	0.404964723



Gambar 14 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 6

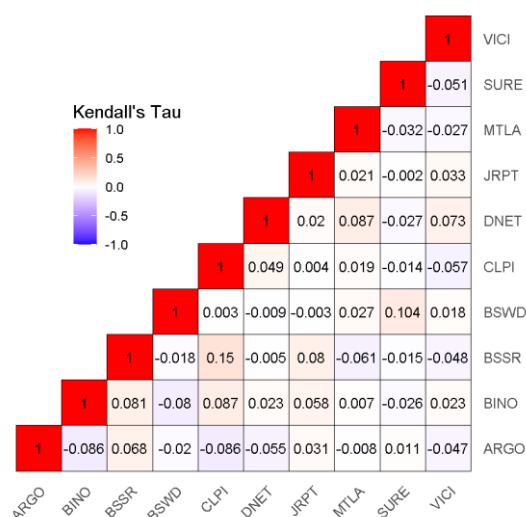
Rata-rata *return* dari saham-saham dalam skenario ini adalah -0.5280709, menunjukkan potensi kerugian yang cukup tinggi secara keseluruhan. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya adalah 0.22147, mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang relatif rendah. Berdasarkan Gambar 14, hubungan antar saham sebagian besar menunjukkan korelasi rendah hingga sedang. Korelasi tertinggi tercatat antara saham BEBS dan CSIS dengan nilai 0.24, sedangkan korelasi terendah terjadi antara saham BOSS dan RISE, dengan nilai -0.178. Terdapat 3 pasangan saham yang memiliki nilai korelasi 0.

4.4.7 Skenario 7

Pada skenario 7, pemilihan saham dilakukan dengan menggunakan saham-saham yang tergabung dalam *cluster* 1 dengan *return* saham tertinggi dan volatilitas rendah dengan nilai kurang dari 0.3. Skenario ini memiliki karakteristik nilai *return* positif dan volatilitas rendah. Saham-saham yang tergabung dalam skenario ini disajikan dalam tabel dan matriks korelasi berikut.

Tabel 12 Saham-saham pada skenario 7

Kode Saham	Return Tahunan	Volatilitas
BSWD	0.95955185	0.288513328
ARGO	0.84729786	0.227154272
SURE	0.38404267	0.293212280
VICI	0.23080642	0.217885536
DNET	0.19909430	0.245499217
BSSR	0.19295481	0.208374503
CLPI	0.19212556	0.137385508
JRPT	0.18698357	0.173020230
BINO	0.17946849	0.191265140
MTLA	0.17022115	0.236010195

Gambar 15 Matriks korelasi (*Kendall's Tau*) skenario 7

Rata-rata *return* dari saham-saham dalam skenario ini adalah 0.3542547, menunjukkan performa yang cukup baik secara keseluruhan. Sementara itu, rata-rata volatilitasnya adalah 0.221832, mencerminkan tingkat fluktuasi harga yang relatif rendah. Berdasarkan Gambar 15, hubungan antar saham sebagian besar menunjukkan korelasi rendah. Korelasi tertinggi tercatat antara saham BSSR dan CLPI dengan nilai 0.15, sedangkan korelasi terendah terjadi antara saham AGRO dan BINO serta AGRO dan CLPI, dengan nilai -0.086.

4.5 Return Bulanan Tiap Skenario

Saham-saham yang terpilih pada setiap skenario akan dihitung nilai *return* bulannya dalam rentang waktu satu tahun dari 1 Juli 2023 hingga 30 Juni 2024 untuk mendapatkan gambaran performa bulanan. Nilai *return* ini dihitung menggunakan Persamaan (1) dengan periode bulanan. Hasil ini akan digunakan dalam optimalisasi portofolio menggunakan model Semi-MAD. *Return* bulanan saham tiap skenario disajikan dalam tabel yang terdapat pada Lampiran 4 hingga Lampiran 10.

4.6 Optimalisasi Portofolio Menggunakan Model Semi-MAD

Model Semi-MAD yang diperkenalkan oleh Speranza adalah hasil pengembangan dari model MAD yang awalnya dikembangkan oleh Konno dan Yamazaki. Model MAD sendiri memperbaiki model *mean-variance* Markowitz, baik dari segi teori maupun efisiensi komputasi. Kelebihan utama dari model ini terletak pada tingkat kesederhanaannya serta kemudahan komputasinya, karena dapat diselesaikan menggunakan teknik pemrograman linear. Dalam investasi, Semi-MAD digunakan sebagai alternatif untuk mengukur risiko. *Mean Absolute Deviation* (MAD) adalah sebuah ukuran statistik yang mengindikasikan sejauh mana data menyimpang dari nilai rata-rata. Pada dasarnya, MAD menghitung rata-rata dari nilai absolut selisih antara setiap data dengan nilai rata-ratanya.

Model MAD memperhitungkan seluruh penyimpangan *return* portofolio, baik yang berada di bawah maupun di atas rata-rata. Namun, dalam praktiknya, para investor cenderung lebih fokus pada risiko yang timbul akibat penyimpangan di bawah rata-rata, karena mereka lebih khawatir terhadap performa portofolio yang kurang dari ekspektasi dibandingkan performa yang melebihi ekspektasi. Dengan kata lain, penyimpangan positif atau di atas rata-rata dianggap tidak relevan untuk pengukuran risiko. Dalam skenario ini, risiko diidentifikasi sebagai situasi ketika *return* portofolio berada di bawah rata-rata *return*. Oleh karena itu, model MAD dapat dimodifikasi untuk mempertimbangkan hanya penyimpangan negatif terhadap rata-rata. Modifikasi ini dikenal sebagai model *Semi Mean Absolute Deviation* (Semi-MAD). Dalam optimalisasi portofolio, model ini bertujuan meminimalkan risiko yang terjadi akibat penyimpangan negatif tersebut. Seperti yang dirumuskan dalam Persamaan (14), formula optimalisasi model Semi-MAD diberikan sebagai berikut.

$$\min \sum_{t=1}^T \frac{1}{2T} \left(\left| \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \right| + \sum_{i=1}^n (r_i - r_{it}) y_i \right)$$

kendala

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1$$

$$y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Fungsi objektif ini masih berbentuk non linear dan tidak mulus karena masih terdapat fungsi yang bernilai absolut. Untuk menyederhanakan penyelesaian fungsi objektif tersebut, nilai absolut dapat ditransformasi dengan mengubah formulasi masalah ke dalam bentuk yang lebih sederhana. Dengan memisalkan,

$$p_t = \frac{1}{2} \left(\left| \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \right| + \sum_{i=1}^n (r_i - r_{it}) y_i \right)$$

model optimasi Semi-MAD dapat direpresentasikan dalam bentuk berikut.

$$\min \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p_t$$

kendala

$$p_t \geq - \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1$$

$$p_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Model optimasi ini digunakan dengan tambahan kendala *buy-in threshold* dan *cardinality*. Kendala *buy-in threshold* bertujuan untuk menghindari alokasi proporsi saham yang terlalu kecil atau terlalu besar dalam portofolio. Sedangkan kendala *cardinality* digunakan untuk membatasi jumlah aset dalam portofolio optimal.

Misalkan α_i adalah batas bawah proporsi saham ke- i , β_i adalah batas atas proporsi saham ke- i , dan Z adalah jumlah saham yang diinginkan dalam portofolio. Dengan mempertimbangkan kedua kendala tersebut, formulasi *buy-in threshold* dan *cardinality* dapat dinyatakan dalam bentuk berikut,

$$\alpha_i z_i \leq y_i \leq \beta_i z_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n z_i = Z$$

dengan,

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{jika saham ke-} i \text{ masuk dalam portofolio} \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

Jadi, model lengkap masalah optimalisasi portofolio menggunakan Semi-MAD dengan tambahan kendala *buy-in threshold* dan *cardinality* diperoleh sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p_t$$

kendala

$$p_t + \sum_{i=1}^n (r_{it} - r_i) y_i \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n z_i = Z$$

$$\alpha_i z_i \leq y_i \leq \beta_i z_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$p_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Implementasi Model dan Penghitungan Numerik

Optimalisasi portofolio dengan model Semi-MAD dilakukan dengan menggunakan data *return* bulanan saham yang telah dibagi menjadi 7 skenario. Nilai *return* bulanan saham tiap skenario tercantum pada Lampiran 4 hingga Lampiran 10. Pada optimalisasi ini, asumsi yang digunakan mengenai batas bawah

dan batas atas pada proporsi yaitu dipilih sebesar 5% (0.05) pada batas bawah dan sebesar 25% (0.25) pada batas atas. Jumlah saham yang diinginkan dalam portofolio bervariasi dari 4 hingga 7. Selain itu, dalam penghitungan *sharpe ratio*, *return* portofolio yang diperoleh dikonversi terlebih dahulu menjadi *simple return*. Tingkat bunga bebas risiko menggunakan nilai rata-rata BI 7-Days Reverse Repo Rate (BI7DRR) dengan rentang waktu Juli 2023 hingga Juni 2024, yaitu sebesar 6% per tahun. Nilai ini kemudian dikonversi ke dalam bentuk bulanan menggunakan metode bunga majemuk, menghasilkan tingkat bunga bebas risiko bulanan sebesar 0.487%.

4.6.1 Skenario 1

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 1 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$\begin{aligned} p_1 - 0.05757y_1 - 0.02793y_2 - 0.07952y_3 - 0.11552y_4 - 0.12670y_5 - 0.01565y_6 \\ - 0.09428y_7 - 0.10431y_8 - 0.13542y_9 + 0.16750y_{10} &\geq 0 \\ p_2 - 0.08612y_1 - 0.20350y_2 - 0.13108y_3 - 0.11552y_4 + 0.03403y_5 + 0.70394y_6 \\ - 0.09428y_7 - 0.11197y_8 - 0.09346y_9 - 0.72352y_{10} &\geq 0 \\ p_3 - 0.08612y_1 - 0.15022y_2 - 0.24912y_3 - 0.11552y_4 - 0.01300y_5 + 0.15232y_6 \\ + 0.45960y_7 - 0.15966y_8 + 0.02752y_9 - 0.32282y_{10} &\geq 0 \\ p_4 - 0.15457y_1 - 0.12538y_2 - 0.11225y_3 - 0.11552y_4 - 0.12082y_5 - 0.19554y_6 \\ + 0.35979y_7 - 0.62877y_8 + 0.04233y_9 + 0.70311y_{10} &\geq 0 \\ p_5 - 0.14090y_1 - 0.18844y_2 - 0.29576y_3 - 0.09572y_4 - 0.03825y_5 - 0.02265y_6 \\ - 0.36030y_7 - 0.37384y_8 - 0.13149y_9 + 0.03290y_{10} &\geq 0 \\ p_6 + 0.28979y_1 - 0.26948y_2 - 0.14734y_3 - 0.13533y_4 - 0.20742y_5 - 0.05378y_6 \\ - 0.14307y_7 - 0.02814y_8 + 0.45505y_9 - 0.19882y_{10} &\geq 0 \\ p_7 + 0.43869y_1 + 0.85956y_2 + 0.08377y_3 - 0.11552y_4 - 0.22443y_5 - 0.10777y_6 \\ - 0.02662y_7 + 0.58884y_8 - 0.09320y_9 - 0.13000y_{10} &\geq 0 \\ p_8 - 0.26241y_1 + 0.65660y_2 + 0.79093y_3 - 0.11552y_4 + 0.05380y_5 - 0.01414y_6 \\ + 0.12324y_7 + 0.31221y_8 - 0.28607y_9 + 0.20705y_{10} &\geq 0 \\ p_9 - 0.19809y_1 - 0.13780y_2 + 0.58240y_3 - 0.11552y_4 - 0.23947y_5 - 0.03539y_6 \\ - 0.05016y_7 + 0.52942y_8 + 0.11909y_9 + 0.20832y_{10} &\geq 0 \\ p_{10} - 0.13453y_1 - 0.13780y_2 - 0.14734y_3 - 0.03856y_4 + 0.06883y_5 - 0.21841y_6 \\ + 0.06499y_7 - 0.10431y_8 + 0.14132y_9 + 0.02785y_{10} &\geq 0 \\ p_{11} + 0.37762y_1 - 0.13780y_2 - 0.14734y_3 + 0.98309y_4 + 0.56809y_5 - 0.05666y_6 \\ - 0.15760y_7 - 0.00187y_8 + 0.07026y_9 + 0.03675y_{10} &\geq 0 \\ p_{12} + 0.01422y_1 - 0.13780y_2 - 0.14734y_3 + 0.09520y_4 + 0.24535y_5 - 0.13627y_6 \\ - 0.08130y_7 + 0.08239y_8 - 0.11594y_9 - 0.00831y_{10} &\geq 0 \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} &= 1 \\ z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} &= Z \\ 0.05z_i &\leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\ p_t &\geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\ y_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 12 berikut,

Tabel 13 Solusi optimalisasi portofolio skenario 1

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	DSSA	FORU	KARW	LABA	NASI	0.1009925	0.0233260	4.3470095
	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.25000			
	PANI	SATU	SRAJ	TPIA	UNIQ			
	0.25000	0.00000	0.00000	0.25000	0.25000			
Z = 5	DSSA	FORU	KARW	LABA	NASI	0.1069018	0.0172708	6.2507220
	0.00000	0.13403	0.00000	0.00000	0.18407			
	PANI	SATU	SRAJ	TPIA	UNIQ			
	0.25000	0.00000	0.00000	0.25000	0.18190			
Z = 6	DSSA	FORU	KARW	LABA	NASI	0.1053017	0.0160274	6.6246404
	0.00000	0.10364	0.00000	0.00000	0.23719			
	PANI	SATU	SRAJ	TPIA	UNIQ			
	0.21146	0.00000	0.05000	0.25000	0.14771			
Z = 7	DSSA	FORU	KARW	LABA	NASI	0.1062081	0.0145056	7.3890960
	0.14163	0.00000	0.00000	0.00000	0.18707			
	PANI	SATU	SRAJ	TPIA	UNIQ			
	0.21925	0.09181	0.06690	0.12677	0.16657			

Pada skenario ini, semakin banyak saham yang dimasukkan ke dalam portofolio, maka risiko portofolio cenderung menurun, sementara itu *return* meningkat. Portofolio dengan 7 saham menunjukkan risiko terendah sebesar 0.0145056, sedangkan *return* tertinggi dicapai pada portofolio dengan 5 saham sebesar 0.1069018. *Sharpe ratio* tertinggi sebesar 7.3890960 pada $Z = 7$ menunjukkan bahwa portofolio ini memberikan *return* terbaik per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini. Hal ini sejalan dengan teori diversifikasi, di mana penambahan saham dapat mengurangi risiko tanpa mengorbankan *return*. Namun, ada titik optimal di mana penambahan saham tidak lagi meningkatkan *return* secara signifikan.

4.6.2 Skenario 2

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 2 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12}(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$\begin{aligned}
 & p_1 + 0.06471y_1 - 0.05049y_2 + 0.02724y_3 - 0.07032y_4 + 0.06471y_5 - 0.00437y_6 \\
 & \quad + 0.13862y_7 - 0.23998y_8 - 0.19559y_9 + 0.51349y_{10} \geq 0 \\
 & p_2 + 0.06471y_1 + 0.04948y_2 - 0.01304y_3 - 0.04584y_4 + 0.06471y_5 + 0.03009y_6 \\
 & \quad - 0.00869y_7 - 0.21170y_8 - 0.04580y_9 - 0.32706y_{10} \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_3 + 0.06471y_1 - 0.04160y_2 - 0.27970y_3 + 0.01681y_4 + 0.06471y_5 + 0.03692y_6 \\
 - 0.02844y_7 + 0.01211y_8 + 0.52805y_9 + 0.05716y_{10} &\geq 0 \\
 p_4 + 0.06471y_1 - 0.02683y_2 + 0.00150y_3 - 0.02410y_4 + 0.06471y_5 + 0.07346y_6 \\
 + 0.05795y_7 + 0.25446y_8 - 0.29478y_9 - 0.22110y_{10} &\geq 0 \\
 p_5 + 0.06471y_1 - 0.37160y_2 - 0.05479y_3 + 0.04126y_4 + 0.06471y_5 + 0.06296y_6 \\
 + 0.03639y_7 - 0.11026y_8 - 0.05679y_9 + 0.08292y_{10} &\geq 0 \\
 p_6 + 0.06471y_1 + 0.06018y_2 + 0.23812y_3 + 0.04085y_4 + 0.06471y_5 + 0.14561y_6 \\
 + 0.02806y_7 + 0.32045y_8 + 0.63074y_9 - 0.08531y_{10} &\geq 0 \\
 p_7 + 0.06471y_1 + 0.06018y_2 - 0.11957y_3 - 0.26496y_4 + 0.06471y_5 - 0.10979y_6 \\
 - 0.00510y_7 + 0.04998y_8 - 0.61642y_9 - 0.12457y_{10} &\geq 0 \\
 p_8 + 0.06471y_1 + 0.06018y_2 - 0.05072y_3 + 0.06126y_4 + 0.06471y_5 - 0.19285y_6 \\
 - 0.01038y_7 + 0.06340y_8 + 0.03693y_9 - 0.15245y_{10} &\geq 0 \\
 p_9 - 0.32095y_1 - 0.24093y_2 + 0.27963y_3 + 0.06126y_4 - 0.32095y_5 + 0.16462y_6 \\
 + 0.12405y_7 - 0.03597y_8 + 0.11063y_9 + 0.03144y_{10} &\geq 0 \\
 p_{10} + 0.03486y_1 + 0.16283y_2 + 0.34882y_3 + 0.06126y_4 - 0.46592y_5 - 0.10349y_6 \\
 - 0.17471y_7 + 0.04836y_8 + 0.04871y_9 - 0.02279y_{10} &\geq 0 \\
 p_{11} - 0.25374y_1 + 0.19675y_2 - 0.28787y_3 + 0.06126y_4 + 0.01342y_5 - 0.09910y_6 \\
 - 0.14267y_7 + 0.06340y_8 + 0.05412y_9 + 0.00814y_{10} &\geq 0 \\
 p_{12} + 0.02215y_1 + 0.14186y_2 - 0.08962y_3 + 0.06126y_4 + 0.25577y_5 - 0.00405y_6 \\
 - 0.01508y_7 - 0.21423y_8 - 0.19979y_9 + 0.24012y_{10} &\geq 0 \\
 y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} &= 1 \\
 z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} &= Z \\
 0.05z_i \leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\
 p_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\
 y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10
 \end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 13 berikut,

Tabel 14 Solusi optimalisasi portofolio skenario 2

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	BEKS	CANI	CTBN	ETWA	HRME	-0.062340	0.0146431	-4.459890
	0.00000	0.25000	0.00000	0.25000	0.00000			
	MREI	OILS	PAMG	VTNY	WGS			
	0.25000	0.25000	0.00000	0.00000	0.00000			
Z = 5	BEKS	CANI	CTBN	ETWA	HRME	-0.062438	0.0122222	-5.350812
	0.05612	0.25000	0.00000	0.25000	0.00000			
	MREI	OILS	PAMG	VTNY	WGS			
	0.19388	0.25000	0.00000	0.00000	0.00000			
Z = 6	BEKS	CANI	CTBN	ETWA	HRME	-0.062605	0.0116028	-5.649978
	0.07137	0.20753	0.00000	0.25000	0.00000			
	MREI	OILS	PAMG	VTNY	WGS			
	0.17110	0.25000	0.05000	0.00000	0.00000			
Z = 7	BEKS	CANI	CTBN	ETWA	HRME	-0.062626	0.0123440	-5.312321
	0.05018	0.21038	0.00000	0.25000	0.00000			
	MREI	OILS	PAMG	VTNY	WGS			
	0.12923	0.24867	0.06154	0.00000	0.05000			

Berdasarkan Tabel 13, skenario ini juga menunjukkan tren penurunan risiko seiring bertambahnya jumlah saham. Risiko terendah sebesar 0.0116028 tercapai pada portofolio dengan 6 saham, sementara *return* tertinggi sebesar -0.062340 terdapat pada portofolio dengan 4 saham. *Sharpe ratio* terbaik sebesar -4.459890 pada $Z = 4$ menunjukkan bahwa kombinasi ini relatif lebih baik dalam menghasilkan *return* per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini. Meskipun *return* yang dihasilkan negatif, diversifikasi tetap dapat mengurangi risiko, meskipun kombinasi aset yang dipilih mungkin kurang optimal untuk menghasilkan *return* positif.

4.6.3 Skenario 3

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 3 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$\begin{aligned} p_1 - 0.05049y_1 + 0.02724y_2 - 0.05757y_3 - 0.07032y_4 - 0.02793y_5 - 0.07952y_6 \\ - 0.11552y_7 - 0.00437y_8 - 0.23998y_9 - 0.13542y_{10} &\geq 0 \\ p_2 + 0.04948y_1 - 0.01304y_2 - 0.08612y_3 - 0.04584y_4 - 0.20350y_5 - 0.13108y_6 \\ - 0.11552y_7 + 0.03009y_8 - 0.21170y_9 - 0.09346y_{10} &\geq 0 \\ p_3 - 0.04160y_1 - 0.27970y_2 - 0.08612y_3 + 0.01681y_4 - 0.15022y_5 - 0.24912y_6 \\ - 0.11552y_7 + 0.03692y_8 + 0.01211y_9 + 0.02752y_{10} &\geq 0 \\ p_4 - 0.02683y_1 + 0.00150y_2 - 0.15457y_3 - 0.02410y_4 - 0.12538y_5 - 0.11225y_6 \\ - 0.11552y_7 + 0.07346y_8 + 0.25446y_9 + 0.04233y_{10} &\geq 0 \\ p_5 - 0.37160y_1 - 0.05479y_2 - 0.14090y_3 + 0.04126y_4 - 0.18844y_5 - 0.29576y_6 \\ - 0.09572y_7 + 0.06296y_8 - 0.11026y_9 - 0.13149y_{10} &\geq 0 \\ p_6 + 0.06018y_1 + 0.23812y_2 + 0.28979y_3 + 0.04085y_4 - 0.26948y_5 - 0.14734y_6 \\ - 0.13533y_7 + 0.14561y_8 + 0.32045y_9 + 0.45505y_{10} &\geq 0 \\ p_7 + 0.06018y_1 - 0.11957y_2 + 0.43869y_3 - 0.26496y_4 + 0.85956y_5 + 0.08377y_6 \\ - 0.11552y_7 - 0.10979y_8 + 0.04998y_9 - 0.09320y_{10} &\geq 0 \\ p_8 + 0.06018y_1 - 0.05072y_2 - 0.26241y_3 + 0.06126y_4 + 0.65660y_5 + 0.79093y_6 \\ - 0.11552y_7 - 0.19285y_8 + 0.06340y_9 - 0.28607y_{10} &\geq 0 \\ p_9 - 0.24093y_1 + 0.27963y_2 - 0.19809y_3 + 0.06126y_4 - 0.13780y_5 + 0.58240y_6 \\ - 0.11552y_7 + 0.16462y_8 - 0.03597y_9 + 0.11909y_{10} &\geq 0 \\ p_{10} + 0.16283y_1 + 0.34882y_2 - 0.13453y_3 + 0.06126y_4 - 0.13780y_5 - 0.14734y_6 \\ - 0.03856y_7 - 0.10349y_8 + 0.04836y_9 + 0.14132y_{10} &\geq 0 \\ p_{11} + 0.19675y_1 - 0.28787y_2 + 0.37762y_3 + 0.06126y_4 - 0.13780y_5 - 0.14734y_6 \\ + 0.98309y_7 - 0.09910y_8 + 0.06340y_9 + 0.07026y_{10} &\geq 0 \\ p_{12} + 0.14186y_1 - 0.08962y_2 + 0.01422y_3 + 0.06126y_4 - 0.13780y_5 - 0.14734y_6 \\ + 0.09520y_7 - 0.00405y_8 - 0.21423y_9 - 0.11594y_{10} &\geq 0 \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} &= 1 \\ z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} &= Z \\ 0.05z_i &\leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\ p_t &\geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\ y_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 14 berikut,

Tabel 15 Solusi optimalisasi portofolio skenario 3

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	CANI	CTBN	DSSA	ETWA	FORU	0.0337375	0.0252029	1.1682411
	0.00000	0.00000	0.00000	0.25000	0.25000			
	KARW	LABA	MREI	PAMG	TPIA			
	0.00000	0.00000	0.25000	0.00000	0.25000			
Z = 5	CANI	CTBN	DSSA	ETWA	FORU	-0.003115	0.0160601	-0.496893
	0.19091	0.00000	0.00000	0.25000	0.11651			
	KARW	LABA	MREI	PAMG	TPIA			
	0.00000	0.00000	0.25000	0.00000	0.19258			
Z = 6	CANI	CTBN	DSSA	ETWA	FORU	-0.009103	0.0160444	-0.870896
	0.17450	0.05000	0.00000	0.25000	0.12054			
	KARW	LABA	MREI	PAMG	TPIA			
	0.00000	0.00000	0.25000	0.00000	0.15496			
Z = 7	CANI	CTBN	DSSA	ETWA	FORU	-0.029332	0.0159725	-2.114634
	0.14526	0.14724	0.08037	0.25000	0.07527			
	KARW	LABA	MREI	PAMG	TPIA			
	0.00000	0.00000	0.25000	0.05186	0.00000			

Pada skenario ini, penambahan saham juga mengurangi risiko, tetapi *return* ikut menurun. Portofolio dengan 7 saham memiliki risiko terendah sebesar 0.0159725, sementara *return* tertinggi dicapai pada portofolio dengan 4 saham sebesar 0.0337375. *Sharpe ratio* terbaik sebesar 1.1682411 pada $Z = 4$ menunjukkan bahwa kombinasi ini lebih baik dalam menghasilkan *return* per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini. Meskipun diversifikasi mengurangi risiko, pemilihan saham yang kurang menguntungkan dapat menurunkan *return* secara keseluruhan.

4.6.4 Skenario 4

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 4 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$p_1 - 0.00620y_1 - 0.03595y_2 - 0.01265y_3 + 0.00619y_4 + 0.00137y_5 + 0.00766y_6 + 0.02464y_7 - 0.01170y_8 + 0.01143y_9 + 0.00988y_{10} \geq 0$$

$$p_2 - 0.00622y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 - 0.01503y_5 - 0.01359y_6 - 0.01538y_7 - 0.01170y_8 + 0.00262y_9 + 0.01445y_{10} \geq 0$$

$$p_3 - 0.00181y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 + 0.00137y_5 + 0.00059y_6 - 0.02073y_7 - 0.01170y_8 + 0.01569y_9 + 0.03244y_{10} \geq 0$$

$$\begin{aligned}
& p_4 + 0.00261y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 + 0.02996y_4 - 0.00277y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad - 0.02115y_7 - 0.01170y_8 - 0.00172y_9 + 0.00937y_{10} \geq 0 \\
& p_5 + 0.04551y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 + 0.00137y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad + 0.04061y_7 + 0.14832y_8 - 0.02829y_9 + 0.00485y_{10} \geq 0 \\
& p_6 + 0.01072y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 + 0.00137y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad - 0.00042y_7 - 0.01170y_8 + 0.01155y_9 - 0.01303y_{10} \geq 0 \\
& p_7 - 0.00597y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 + 0.00137y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad - 0.01561y_7 - 0.01170y_8 + 0.01147y_9 - 0.01321y_{10} \geq 0 \\
& p_8 - 0.01018y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 + 0.00137y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad + 0.00973y_7 - 0.01170y_8 + 0.02009y_9 + 0.01400y_{10} \geq 0 \\
& p_9 - 0.00181y_1 + 0.00327y_2 + 0.12497y_3 - 0.00362y_4 - 0.00279y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad - 0.00549y_7 - 0.01170y_8 - 0.01045y_9 + 0.00937y_{10} \geq 0 \\
& p_{10} - 0.01025y_1 + 0.00327y_2 + 0.00153y_3 - 0.00362y_4 + 0.00552y_5 + 0.00771y_6 \\
& \quad - 0.00042y_7 - 0.03131y_8 - 0.01062y_9 - 0.01309y_{10} \geq 0 \\
& p_{11} - 0.04069y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 - 0.00279y_5 - 0.00652y_6 \\
& \quad - 0.04188y_7 - 0.01170y_8 - 0.00183y_9 - 0.01327y_{10} \geq 0 \\
& p_{12} + 0.02428y_1 + 0.00327y_2 - 0.01265y_3 - 0.00362y_4 + 0.00966y_5 + 0.00059y_6 \\
& \quad + 0.04610y_7 - 0.01170y_8 - 0.01995y_9 - 0.04176y_{10} \geq 0 \\
& y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} = 1 \\
& z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} = Z \\
& 0.05z_i \leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\
& p_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\
& y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10
\end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 15 berikut,

Tabel 16 Solusi optimalisasi portofolio skenario 4

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	BELI	BOSS	CNTX	FAPA	LIFE	-0.000402	0.0012898	-4.087393
	0.00000	0.25000	0.00000	0.25000	0.25000			
	NIRO	RISE	TFCO	TLDN	ZONE			
	0.25000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000			
Z = 5	BELI	BOSS	CNTX	FAPA	LIFE	-0.000245	0.0011596	-4.410978
	0.00000	0.19504	0.00000	0.25000	0.25000			
	NIRO	RISE	TFCO	TLDN	ZONE			
	0.25000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05496			
Z = 6	BELI	BOSS	CNTX	FAPA	LIFE	-0.000821	0.0011358	-5.010269
	0.00000	0.23581	0.00000	0.15559	0.00000			
	NIRO	RISE	TFCO	TLDN	ZONE			
	0.25000	0.11944	0.00000	0.18916	0.05000			
Z = 7	BELI	BOSS	CNTX	FAPA	LIFE	-0.000737	0.0010656	-5.261570
	0.00000	0.17014	0.00000	0.14736	0.22041			
	NIRO	RISE	TFCO	TLDN	ZONE			
	0.25000	0.05000	0.00000	0.09924	0.06285			

Berdasarkan Tabel 15, skenario ini menunjukkan bahwa risiko terus menurun seiring bertambahnya jumlah saham. Risiko terendah ada pada portofolio dengan 7 saham sebesar 0.0010656, sedangkan *return* tertinggi sebesar -0.000245 didapat pada portofolio dengan 5 saham. *Sharpe ratio* terbaik sebesar -4.087393 pada $Z = 4$ menunjukkan bahwa kombinasi ini relatif lebih baik dalam menghasilkan *return* per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini. Meskipun *return* yang dihasilkan negatif, tren ini konsisten dengan konsep diversifikasi yang mengurangi risiko. Selain itu, kombinasi aset yang dipilih mungkin tidak optimal untuk menghasilkan *return* positif.

4.6.5 Skenario 5

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 5 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$\begin{aligned} p_1 + 0.12501y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 + 0.18273y_4 + 0.15542y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.08533y_7 + 0.11314y_8 + 0.11116y_9 + 0.08951y_{10} &\geq 0 \\ p_2 - 0.02816y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 + 0.08738y_4 + 0.05594y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.14005y_7 + 0.01923y_8 + 0.02136y_9 + 0.06206y_{10} &\geq 0 \\ p_3 + 0.16583y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 + 0.02830y_4 + 0.05482y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.04619y_7 + 0.00165y_8 + 0.00921y_9 + 0.06889y_{10} &\geq 0 \\ p_4 - 0.10013y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 - 0.04107y_4 - 0.00143y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.14112y_7 - 0.07691y_8 + 0.03897y_9 + 0.00526y_{10} &\geq 0 \\ p_5 + 0.04365y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 + 0.11840y_4 + 0.05026y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.10228y_7 - 0.01386y_8 + 0.03708y_9 + 0.00872y_{10} &\geq 0 \\ p_6 - 0.15942y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 - 0.00340y_4 + 0.08873y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.10190y_7 - 0.02784y_8 + 0.05388y_9 - 0.10879y_{10} &\geq 0 \\ p_7 - 0.03226y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 - 0.01117y_4 + 0.06892y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.12170y_7 + 0.05912y_8 + 0.00382y_9 + 0.02149y_{10} &\geq 0 \\ p_8 + 0.11729y_1 + 0.13412y_2 + 0.06842y_3 + 0.10692y_4 + 0.08873y_5 + 0.06471y_6 \\ + 0.12170y_7 + 0.04468y_8 - 0.02496y_9 + 0.11629y_{10} &\geq 0 \\ p_9 + 0.05523y_1 + 0.13412y_2 - 0.23269y_3 - 0.18142y_4 + 0.08873y_5 - 0.32095y_6 \\ + 0.12170y_7 + 0.10178y_8 - 0.31276y_9 + 0.01173y_{10} &\geq 0 \\ p_{10} - 0.05496y_1 + 0.13412y_2 - 0.45146y_3 - 0.22921y_4 + 0.08873y_5 - 0.46592y_6 \\ + 0.12170y_7 + 0.00118y_8 - 0.10079y_9 - 0.06745y_{10} &\geq 0 \\ p_{11} - 0.14658y_1 + 0.02876y_2 + 0.15543y_3 - 0.03117y_4 - 0.01663y_5 + 0.01342y_6 \\ + 0.01634y_7 - 0.06948y_8 + 0.08153y_9 - 0.18564y_{10} &\geq 0 \\ p_{12} + 0.01450y_1 - 1.36996y_2 - 0.01860y_3 - 0.02630y_4 - 0.72220y_5 + 0.25577y_6 \\ - 1.12001y_7 - 0.15269y_8 + 0.08153y_9 - 0.02208y_{10} &\geq 0 \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} &= 1 \\ z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} &= Z \\ 0.05z_i \leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\ p_t &\geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\ y_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 16 berikut,

Tabel 17 Solusi optimalisasi portofolio skenario 5

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	ADHI	BEBS	BIPP	CMPP	CSIS	-0.071362	0.0237485	-3.105259
	0.25000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000			
	HRME	IKAN	KRAS	STAR	WTON			
	0.00000	0.00000	0.25000	0.25000	0.25000			
Z = 5	ADHI	BEBS	BIPP	CMPP	CSIS	-0.071026	0.0237275	-3.094820
	0.16841	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000			
	HRME	IKAN	KRAS	STAR	WTON			
	0.08159	0.00000	0.25000	0.25000	0.25000			
Z = 6	ADHI	BEBS	BIPP	CMPP	CSIS	-0.070976	0.0238054	-3.082736
	0.11155	0.00000	0.05000	0.00000	0.00000			
	HRME	IKAN	KRAS	STAR	WTON			
	0.08845	0.00000	0.25000	0.25000	0.25000			
Z = 7	ADHI	BEBS	BIPP	CMPP	CSIS	-0.071923	0.0241470	-3.075639
	0.05000	0.00000	0.05000	0.00000	0.05000			
	HRME	IKAN	KRAS	STAR	WTON			
	0.10000	0.00000	0.25000	0.25000	0.25000			

Berbeda dengan skenario sebelumnya, pada skenario ini risiko justru meningkat seiring penambahan saham. Risiko terendah sebesar 0.0237275 ada pada portofolio dengan 5 saham, sementara *return* tertinggi sebesar -0.070976 didapat pada portofolio dengan 6 saham. *Sharpe ratio* terbaik sebesar -3.075639 pada $Z = 7$ menunjukkan bahwa kombinasi ini relatif lebih baik dalam menghasilkan *return* per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini. Hal ini tidak sejalan dengan konsep diversifikasi yang disebabkan oleh korelasi positif yang cukup tinggi antar saham yang memiliki proporsi maksimal.

4.6.6 Skenario 6

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 6 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$p_1 + 0.13412y_1 - 0.03595y_2 + 0.18273y_3 + 0.15542y_4 + 0.00619y_5 + 0.11314y_6 + 0.00137y_7 + 0.00766y_8 + 0.02464y_9 + 0.08951y_{10} \geq 0$$

$$p_2 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 + 0.08738y_3 + 0.05594y_4 - 0.00362y_5 + 0.01923y_6 - 0.01503y_7 - 0.01359y_8 - 0.01538y_9 + 0.06206y_{10} \geq 0$$

$$p_3 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 + 0.02830y_3 + 0.05482y_4 - 0.00362y_5 + 0.00165y_6 + 0.00137y_7 + 0.00059y_8 - 0.02073y_9 + 0.06889y_{10} \geq 0$$

$$\begin{aligned}
 p_4 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 - 0.04107y_3 - 0.00143y_4 + 0.02996y_5 - 0.07691y_6 \\
 - 0.00277y_7 + 0.00059y_8 - 0.02115y_9 + 0.00526y_{10} \geq 0 \\
 p_5 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 + 0.11840y_3 + 0.05026y_4 - 0.00362y_5 - 0.01386y_6 \\
 + 0.00137y_7 + 0.00059y_8 + 0.04061y_9 + 0.00872y_{10} \geq 0 \\
 p_6 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 - 0.00340y_3 + 0.08873y_4 - 0.00362y_5 - 0.02784y_6 \\
 + 0.00137y_7 + 0.00059y_8 - 0.00042y_9 - 0.10879y_{10} \geq 0 \\
 p_7 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 - 0.01117y_3 + 0.06892y_4 - 0.00362y_5 + 0.05912y_6 \\
 + 0.00137y_7 + 0.00059y_8 - 0.01561y_9 + 0.02149y_{10} \geq 0 \\
 p_8 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 + 0.10692y_3 + 0.08873y_4 - 0.00362y_5 + 0.04468y_6 \\
 + 0.00137y_7 + 0.00059y_8 + 0.00973y_9 + 0.11629y_{10} \geq 0 \\
 p_9 + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 - 0.18142y_3 + 0.08873y_4 - 0.00362y_5 + 0.10178y_6 \\
 - 0.00279y_7 + 0.00059y_8 - 0.00549y_9 + 0.01173y_{10} \geq 0 \\
 p_{10} + 0.13412y_1 + 0.00327y_2 - 0.22921y_3 + 0.08873y_4 - 0.00362y_5 + 0.00118y_6 \\
 + 0.00552y_7 + 0.00771y_8 - 0.00042y_9 - 0.06745y_{10} \geq 0 \\
 p_{11} + 0.02876y_1 + 0.00327y_2 - 0.03117y_3 - 0.01663y_4 - 0.00362y_5 - 0.06948y_6 \\
 - 0.00279y_7 - 0.00652y_8 - 0.04188y_9 - 0.18564y_{10} \geq 0 \\
 p_{12} - 1.36996y_1 + 0.00327y_2 - 0.02630y_3 - 0.72220y_4 - 0.00362y_5 - 0.15269y_6 \\
 + 0.00966y_7 + 0.00059y_8 + 0.04610y_9 - 0.02208y_{10} \geq 0 \\
 y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} = 1 \\
 z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} = Z \\
 0.05z_i \leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\
 p_t \geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\
 y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10
 \end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 17 berikut,

Tabel 18 Solusi optimalisasi portofolio skenario 6

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	BEBS	BOSS	CMPP	CSIS	FAPA	-0.000402	0.0012898	-4.087393
	0.00000	0.25000	0.00000	0.00000	0.25000			
	KRAS	LIFE	NIRO	RISE	WTON			
	0.00000	0.25000	0.25000	0.00000	0.00000			
Z = 5	BEBS	BOSS	CMPP	CSIS	FAPA	-0.000218	0.0014513	-3.505806
	0.00000	0.20000	0.00000	0.00000	0.25000			
	KRAS	LIFE	NIRO	RISE	WTON			
	0.00000	0.25000	0.25000	0.05000	0.00000			
Z = 6	BEBS	BOSS	CMPP	CSIS	FAPA	-0.003632	0.0014680	-5.787066
	0.00000	0.25000	0.00000	0.00000	0.25000			
	KRAS	LIFE	NIRO	RISE	WTON			
	0.05000	0.25000	0.15000	0.05000	0.00000			
Z = 7	BEBS	BOSS	CMPP	CSIS	FAPA	-0.007753	0.0024003	-5.246437
	0.00000	0.25000	0.05000	0.00000	0.22557			
	KRAS	LIFE	NIRO	RISE	WTON			
	0.05000	0.25000	0.12443	0.05000	0.00000			

Skenario ini juga menunjukkan peningkatan risiko seiring penambahan saham, dengan risiko terendah pada portofolio 4 saham sebesar 0.0012898. *Return* tertinggi sebesar -0.000218 didapat pada portofolio dengan 5 saham. *Sharpe ratio* terbaik sebesar -3.505806 pada $Z = 5$ menunjukkan bahwa kombinasi ini relatif lebih baik dalam menghasilkan *return* per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini. Hasil ini tidak sesuai dengan teori diversifikasi, yang disebabkan oleh penambahan saham dengan volatilitas yang lebih tinggi pada saham yang ditambahkan dalam portofolio.

4.6.7 Skenario 7

Masalah optimalisasi portofolio saham untuk menemukan alokasi aset yang optimal menggunakan model Semi-MAD pada skenario 7 dirumuskan sebagai berikut,

$$\min \frac{1}{12}(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10} + p_{11} + p_{12})$$

kendala

$$\begin{aligned} p_1 + 0.02268y_1 + 0.07490y_2 + 0.07843y_3 - 0.07996y_4 - 0.04601y_5 + 0.09124y_6 \\ + 0.03898y_7 - 0.02977y_8 - 0.03200y_9 + 0.18841y_{10} &\geq 0 \\ p_2 - 0.03873y_1 - 0.02280y_2 + 0.06294y_3 - 0.07996y_4 - 0.02110y_5 + 0.00539y_6 \\ + 0.08535y_7 - 0.00377y_8 - 0.03200y_9 + 0.00394y_{10} &\geq 0 \\ p_3 + 0.23889y_1 - 0.05513y_2 - 0.02841y_3 - 0.07996y_4 - 0.03663y_5 + 0.00279y_6 \\ + 0.03891y_7 - 0.00902y_8 - 0.31392y_9 - 0.01163y_{10} &\geq 0 \\ p_4 - 0.00114y_1 - 0.00680y_2 - 0.01856y_3 - 0.07996y_4 + 0.00970y_5 - 0.01446y_6 \\ + 0.03609y_7 - 0.01936y_8 - 0.12425y_9 - 0.02683y_{10} &\geq 0 \\ p_5 + 0.04941y_1 + 0.01704y_2 - 0.07236y_3 - 0.07996y_4 - 0.01601y_5 - 0.00601y_6 \\ + 0.02668y_7 + 0.02144y_8 - 0.11064y_9 - 0.00408y_{10} &\geq 0 \\ p_6 + 0.06292y_1 + 0.00839y_2 - 0.00041y_3 - 0.03267y_4 - 0.01601y_5 - 0.02717y_6 \\ - 0.05067y_7 - 0.00424y_8 - 0.03200y_9 - 0.04204y_{10} &\geq 0 \\ p_7 - 0.06542y_1 - 0.05418y_2 - 0.05841y_3 + 0.10637y_4 - 0.01601y_5 - 0.03810y_6 \\ - 0.02997y_7 - 0.02414y_8 + 0.11564y_9 + 0.01108y_{10} &\geq 0 \\ p_8 - 0.08628y_1 + 0.02426y_2 - 0.03518y_3 + 0.07419y_4 - 0.01601y_5 + 0.00279y_6 \\ - 0.05248y_7 - 0.04982y_8 + 0.08622y_9 - 0.09679y_{10} &\geq 0 \\ p_9 - 0.03952y_1 - 0.01496y_2 + 0.01644y_3 + 0.48535y_4 + 0.00905y_5 - 0.01446y_6 \\ - 0.03839y_7 - 0.00388y_8 + 0.15496y_9 + 0.05084y_{10} &\geq 0 \\ p_{10} - 0.10170y_1 - 0.00730y_2 - 0.00811y_3 - 0.07349y_4 - 0.00127y_5 - 0.01872y_6 \\ + 0.01473y_7 - 0.02450y_8 + 0.13772y_9 - 0.04977y_{10} &\geq 0 \\ p_{11} - 0.05494y_1 + 0.02982y_2 + 0.02029y_3 - 0.07996y_4 + 0.02696y_5 + 0.02721y_6 \\ - 0.01558y_7 - 0.00388y_8 + 0.07871y_9 - 0.02701y_{10} &\geq 0 \\ p_{12} + 0.01381y_1 + 0.00670y_2 + 0.04334y_3 - 0.07996y_4 + 0.12335y_5 - 0.01049y_6 \\ - 0.05361y_7 + 0.15089y_8 + 0.07161y_9 + 0.00394y_{10} &\geq 0 \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} &= 1 \\ z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} &= Z \\ 0.05z_i &\leq y_i \leq 0.25z_i, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \\ p_t &\geq 0, \quad t = 1, 2, \dots, 12 \\ y_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \end{aligned}$$

Masalah optimasi di atas diselesaikan menggunakan *package JuMP* pada pemrograman Julia. Solusi dari masalah optimasi di atas disajikan pada Tabel 18 berikut,

Tabel 19 Solusi optimalisasi portofolio skenario 7

Banyaknya saham	Alokasi					Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
Z = 4	ARGO	BINO	BSSR	BSWD	CLPI	0.0332875	0.0059710	4.8530778
	0.25000	0.25000	0.00000	0.00000	0.00000			
	DNET	JRPT	MTLA	SURE	VICI			
	0.00000	0.25000	0.00000	0.25000	0.00000			
Z = 5	ARGO	BINO	BSSR	BSWD	CLPI	0.0320512	0.0042166	6.5693619
	0.25000	0.21261	0.00000	0.00000	0.11716			
	DNET	JRPT	MTLA	SURE	VICI			
	0.00000	0.25000	0.00000	0.17023	0.00000			
Z = 6	ARGO	BINO	BSSR	BSWD	CLPI	0.0321823	0.0042302	6.5802445
	0.25000	0.21566	0.00000	0.00000	0.05884			
	DNET	JRPT	MTLA	SURE	VICI			
	0.05000	0.24872	0.00000	0.17678	0.00000			
Z = 7	ARGO	BINO	BSSR	BSWD	CLPI	0.0322656	0.0044391	6.2899638
	0.25000	0.15536	0.00000	0.00000	0.07084			
	DNET	JRPT	MTLA	SURE	VICI			
	0.05000	0.24031	0.05000	0.18349	0.00000			

Pada skenario ini, penambahan jumlah saham dari portofolio 4 saham ke 5 saham menyebabkan penurunan risiko yang cukup signifikan. Tetapi, penambahan jumlah saham dari portofolio 5 saham hingga 7 saham menyebabkan sedikit menaikkan risiko. Risiko terendah ada pada portofolio 5 saham sebesar 0.0042166, sedangkan *return* tertinggi ada pada portofolio 4 saham sebesar 0.0332875. *Sharpe ratio* tertinggi sebesar 6.5802445 pada $Z = 6$ menunjukkan bahwa portofolio ini memberikan *return* terbaik per unit risiko dibandingkan dengan kombinasi lainnya dalam skenario ini.

Optimalisasi portofolio yang dilakukan pada tiap skenario dengan variasi nilai Z menghasilkan alokasi saham yang berbeda-beda serta nilai *return*, risiko, dan *sharpe ratio* yang berbeda. Dengan menggunakan variasi nilai Z (4, 5, 6, dan 7) memengaruhi banyaknya saham yang masuk dalam portofolio dan pada akhirnya mempengaruhi diversifikasi serta potensi *return* dan risiko portofolionya. Hasil optimasi menghasilkan nilai *return*, risiko, dan *sharpe ratio* portofolio untuk tiap skenario yang disajikan secara lengkap dalam tabel berikut.

Tabel 20 Nilai *return*, risiko, dan *sharpe ratio* portofolio tiap skenario

Skenario	Banyaknya saham (Z)	Expected return	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
1	4	0.1009925	0.0233260	4.3470095
	5	0.1069018	0.0172708	6.2507220
	6	0.1053017	0.0160274	6.6246404
	7	0.1062081	0.0145056	7.3890960
2	4	-0.062340	0.0146431	-4.459890
	5	-0.062438	0.0122222	-5.350812
	6	-0.062605	0.0116028	-5.649978
	7	-0.062626	0.0123440	-5.312321

Skenario	Banyaknya saham (Z)	Return bulanan	Risiko Semi-MAD	Sharpe ratio
3	4	0.0337375	0.0252029	1.1682411
	5	-0.003115	0.0160601	-0.496893
	6	-0.009103	0.0160444	-0.870896
	7	-0.029332	0.0159725	-2.114634
4	4	-0.000402	0.0012898	-4.087393
	5	-0.000245	0.0011596	-4.410978
	6	-0.000821	0.0011358	-5.010269
	7	-0.000737	0.0010656	-5.261570
5	4	-0.071362	0.0237485	-3.105259
	5	-0.071026	0.0237275	-3.094820
	6	-0.070976	0.0238054	-3.082736
	7	-0.071923	0.0241470	-3.075639
6	4	-0.000402	0.0012898	-4.087393
	5	-0.000218	0.0014513	-3.505806
	6	-0.003632	0.0014680	-5.787066
	7	-0.007753	0.0024003	-5.246437
7	4	0.0332875	0.0059710	4.8530778
	5	0.0320512	0.0042166	6.5693619
	6	0.0321823	0.0042302	6.5802445
	7	0.0322656	0.0044391	6.2899638

Hasil optimasi portofolio dari tujuh skenario menunjukkan bahwa diversifikasi saham efektif dalam mengurangi risiko portofolio, seperti yang terlihat pada skenario 1, 2, 3, dan 4. Semakin banyak saham yang dimasukkan ke dalam portofolio, nilai risiko cenderung menurun karena volatilitas dari masing-masing saham dapat saling mengimbangi satu sama lain. Namun, terdapat perbedaan pada skenario 5, 6, dan 7, di mana risiko justru meningkat seiring penambahan saham. Hal ini disebabkan oleh korelasi positif yang cukup tinggi antar saham dan pemilihan saham yang kurang optimal, di mana saham-saham yang ditambahkan memiliki volatilitas tinggi atau bergerak dalam arah yang sama, sehingga diversifikasi tidak memberikan dampak yang signifikan.

Berdasarkan nilai *return*, hasilnya bervariasi untuk setiap skenario. Pada beberapa skenario seperti skenario 1 dan 2, nilai *return* cenderung meningkat seiring dengan diversifikasi saham. Namun, pada skenario lain seperti skenario 3 dan 4, nilai *return* mengalami penurunan meskipun jumlah saham bertambah. *Sharpe ratio* yang merupakan alat evaluasi suatu portofolio investasi juga memberikan wawasan penting. Skenario 1 dengan *sharpe ratio* tertinggi sebesar 7.3890960 pada $Z = 7$, menunjukkan bahwa portofolio ini sangat efisien dalam menghasilkan *return* per unit risiko. Pada skenario 7, semua kombinasi portofolionya memiliki nilai *sharpe ratio* yang positif. Skenario 3 hanya memiliki *sharpe ratio* positif pada $Z = 4$ namun negatif pada $Z = 5-7$. Skenario 2, 4, 5, dan 6 juga memiliki *sharpe ratio* negatif yang mengindikasikan bahwa portofolio-portofolio tersebut kurang efisien karena *return* yang dihasilkan lebih rendah daripada risiko yang ditanggung.

Bagi investor, rekomendasi portofolio dapat disesuaikan dengan profil risiko dan tujuan investasi mereka, dengan mempertimbangkan *sharpe ratio* sebagai indikator efisiensi portofolio. Profil investor terbagi menjadi tiga tipe, yaitu investor

konservatif, moderat, dan agresif. Investor konservatif memiliki toleransi risiko rendah dan lebih mengutamakan keamanan. Investor moderat memiliki toleransi risiko sedang dan mencari keseimbangan antara risiko dan *return*. Investor agresif memiliki toleransi risiko tinggi demi potensi *return* yang lebih besar.

Investor konservatif dapat memilih portofolio yang terdiversifikasi tinggi, seperti portofolio dengan 5-6 saham dari skenario 7. Skenario tersebut menawarkan risiko yang rendah, *return* positif, dan *sharpe ratio* yang cukup tinggi. Portofolio ini cocok bagi investor yang lebih mengutamakan keamanan dan konsistensi. Investor moderat dapat mempertimbangkan portofolio dengan 6-7 saham dari skenario 1. Skenario tersebut tidak hanya menawarkan risiko yang cukup rendah dan *return* stabil, tetapi juga memiliki *sharpe ratio* tertinggi sebesar 7.3890960 pada $Z = 7$. Sementara itu, investor agresif dapat mempertimbangkan portofolio dengan 4-5 saham dari skenario 1 atau 4 saham dari skenario 3. Meskipun risikonya lebih tinggi, portofolio ini memiliki potensi *return* yang lebih besar, cocok bagi investor yang berani mengambil peluang. Dengan memahami profil risiko dan memilih portofolio yang sesuai, investor dapat mengoptimalkan strategi investasi mereka untuk mencapai tujuan finansial yang diinginkan.

@dian_cahya@ipb.ac.id

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil *clustering* saham Indonesia menggunakan metode *K-Means* menghasilkan dua *cluster* optimal setelah dilakukan teknik *elbow* dan *silhouette*, dengan jumlah saham pada *cluster* 1 sebanyak 587 saham dan pada *cluster* 2 sebanyak 116 saham. Saham-saham pada *cluster* 1 mendominasi karena memiliki nilai *return* yang lebih tinggi dan stabil, serta nilai risiko yang lebih rendah dibandingkan saham pada *cluster* 2. Sebanyak enam skenario portofolio disusun dengan memilih 10 saham yang memiliki nilai *return* tertinggi dan volatilitas terendah dari salah satu atau gabungan kedua *cluster*.

Model Semi-MAD untuk masalah optimasi portofolio bergantung pada jumlah saham yang digunakan. Semakin banyak saham yang digunakan, maka dimensi masalah optimasi menjadi semakin besar. Namun, masalah optimasi portofolio dengan dimensi besar ini dapat diselesaikan menggunakan *linear programming* untuk memperoleh portofolio saham yang optimal. Dengan menggunakan variasi banyaknya saham dalam portofolio (4, 5, 6, dan 7), hasil optimasi portofolio menunjukkan bahwa diversifikasi saham memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko dan *return* portofolio. Diversifikasi terbukti efektif dalam mengurangi risiko, seperti yang terlihat pada skenario 1, 2, 3, dan 4, di mana semakin banyak saham yang dimasukkan, risiko cenderung menurun karena volatilitas saham individu saling mengimbangi. Namun, pada skenario 5, 6, dan 7, risiko justru meningkat karena saham-saham yang ditambahkan memiliki volatilitas lebih tinggi dan cenderung bergerak dalam arah yang sama, sehingga diversifikasi tidak memberikan dampak yang signifikan.

Berdasarkan hasil optimasi, rekomendasi portofolio dapat disesuaikan dengan profil risiko investor. Investor konservatif dapat memilih portofolio yang terdiversifikasi tinggi, seperti portofolio dengan 5-6 saham dari skenario 7. Skenario tersebut menawarkan risiko yang rendah, *return* positif, dan *sharpe ratio* yang cukup tinggi. Portofolio ini cocok bagi investor yang lebih mengutamakan keamanan dan konsistensi. Investor moderat dapat mempertimbangkan portofolio dengan 6-7 saham dari skenario 1. Skenario tersebut tidak hanya menawarkan risiko yang cukup rendah dan *return* stabil, tetapi juga memiliki *sharpe ratio* tertinggi sebesar 7.3890960 pada portofolio dengan 7 saham. Sementara itu, investor agresif dapat mempertimbangkan portofolio dengan 4-5 saham dari skenario 1 atau 4 saham dari skenario 3. Meskipun risikonya lebih tinggi, portofolio ini memiliki potensi *return* yang lebih besar, cocok bagi investor yang berani mengambil peluang.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya dengan topik serupa, penulis menyarankan untuk menggunakan data dengan rentang waktu yang lebih panjang untuk mencakup berbagai kondisi pasar, serta menambahkan variabel agar lebih bervariasi seperti faktor makroekonomi dan rasio keuangan lainnya dalam proses *clustering* saham. Sebelum optimasi, dapat dilakukan prediksi harga saham untuk periode mendatang menggunakan metode seperti *machine learning* atau analisis *time series*. Selain itu, masalah optimasi portofolio dapat direkonstruksi menjadi masalah optimasi *Multi-*

Objective Linear Programming (MOLP). MOLP adalah masalah program linear yang memiliki lebih dari satu fungsi objektif dalam satu waktu. Fungsi objektif yang dapat dioptimalkan adalah memaksimalkan *return* portofolio dan meminimalkan risiko portofolio pada saat yang bersamaan.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia F, Safitri L, Azzahra N, Ramli R, Lubis PKD. 2024. Reksa dana solusi investasi terpadu bagi investor pemula. *TRILOGI: Jurnal Ilmu Teknologi, Kesehatan, Dan Humaniora*. 5(2): 307–315. doi: 10.33650/trilogi.v5i2.8623.
- Anika RF, Febriyana N, Maisyaroh S, Pandin MYR. 2024. Analysis of the effect of stock portfolio diversification with the markowitz method approach to portfolio risk and return on idxbumn20 index stocks. *International Journal of Economics and Management Research* 3(1): 26-40. doi: 10.55606/ijemr.v3i1.154.
- Bodie Z, Kane A, Marcus AJ. 2024. *Investments*. 13th ed. New York (NY): McGraw-Hill Education.
- Branke J, Scheckenbach B, Stein M, Deb K, Schmeck H. 2009. Portfolio optimization with an envelope-based multi-objective evolutionary algorithm. *Journal of Operational Research*. 199(3): 684–693. doi: 10.1016/j.ejor.2008.01.054.
- Chen Y, Ruys W, Biros G. 2024. KNN-DBSCAN: a DBSCAN in high dimensions. *ACM Transactions on Parallel Computing*. 12(1) : 1-27. doi: 10.1145/3701624
- Elton EJ, Gruber MJ, Brown SJ, Goetzmann WN. 2014. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. 9th ed. New York: Wiley.
- Ester M, Kriegel HP, Sander J, Xu X. 1996. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96)*. AAAI Press, 226–231.
- Fama EF, French KR. 2015. A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*. 116(1): 1-22. doi: 10.1016/j.jfineco.2014.10.010.
- Gibbons JD, Chakraborti S. 2010. *Nonparametric Statistical Inference*. 5th ed. Chapman and Hall/CRC. doi: 10.1201/9781439896129.
- Hartigan JA, Wong MA. 1979. Algorithm AS 136: A K-Means clustering algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*. 28(1): 100-108. doi: 10.2307/2346830.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman J. 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer
- Hull JC. 2021. *Options, Future, and Other Derivatives*. 11th ed. New Jersey: Pearson Education International.
- Jain AK. 2010. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*. 31(8): 651-666. doi: 10.1016/j.patrec.2009.09.011.
- Jariyah A, Diana N, Mawardi MC. 2023. Pengaruh informasi akuntansi, profil risiko investor, dan perilaku investor saham individual terhadap keputusan investasi investor mahasiswa di Universitas Islam Malang. *e_Jurnal Ilmiah Riset Akuntansi*. 12(2): 524-543.
- Kaufman L, Rousseeuw PJ. 1990. *Finding Groups in Data An Introduction to Cluster Analysis*. New York: John Wiley & Sons Inc. doi: 10.1002/9780470316801.
- Kendall M. 1938. A new measure of rank correlation. *Biometrika*. 30, 81-89. doi: 10.1093/biomet/30.1-2.81.

- [KSEI] Kustodian Sentral Efek Indonesia. 2024. *Statistika Pasar Modal Indonesia*. [diakses 15 September 2024]. Tersedia dari: [https://www.ksei.co.id/files/Statistik Publik Agustus 2024 FINAL2.pdf](https://www.ksei.co.id/files/Statistik_Publik_Agustus_2024_FINAL2.pdf).
- Lam WH, Jaaman SH, Lam WS. 2018. Portfolio optimization of the construction sector companies in Malaysia with mean-semi absolute deviation model. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 9:13-22. doi: 10.4314/JFAS.V9I5S.2.
- Lazulfa I, Saputro PH. 2017. Portfolio optimization with buy-in thresholds constraint using simulated annealing algorithm. *Prosiding SI MaNIs (Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai Islami)*. 1(1): 370-377.
- MacQueen JB. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. p 281-297. University of California Press.
- Markowitz H. 1952. Portfolio selection. *The Journal of Finance*. 7(1): 77-91. doi: 10.2307/2975974.
- Miskolczi P. 2017. Note on simple and logarithmic return. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*. 11(1-2): 127-136. doi: 10.19041/APSTRACT/2017/1-2/16.
- Priya AA, Nirmala AM, Subramaniam P, Ravi M. 2013. Enriched performance on wireless sensor network using fuzzy based clustering technique. In *Theme based issue* (Vol. 2). doi: 10.48550/arXiv.1312.5551.
- Purba M, Sudarno S, Mukid MA. 2014. Optimalisasi portofolio menggunakan capital asset pricing model (CAPM) dan mean variance efficient portfolio (MVEP) (studi kasus: saham-saham LQ45). *Jurnal Gaussian*. 3(3): 481-490. doi: 10.14710/j.gauss.3.3.481-490.
- Ross SA, Westerfield RW, Jordan BD. 2019. *Essentials of Corporate Finance*. 10th ed. New York (NY): McGraw-Hill Education.
- Sharpe WF. 1966. Mutual fund performance. *Journal of Business*. 39(1): 119-138. doi: 10.1086/294865.
- Sivarathri S, Govardhan A. 2014. Experiments on hypothesis “Fuzzy k-means is better than k-means for clustering”. *IJDKP*. 4(5): 21-34. doi: 10.5121/ijdkp.2014.4502.
- Sehgal R, Jagadesh P. 2023. Data-driven robust portfolio optimization with semi mean absolute deviation via support vector clustering. *Expert Syst Appl*. 224:120000. doi: 10.1016/j.eswa.2023.120000.
- Speranza MG. 1993. Linear programming models for portfolio optimization. *Finance*. 14, 107–123.
- Thorndike RL. 1953. Who belongs in the family?. *Psychometrika*. 18(4): 267-276. doi: 10.1007/BF02289263.
- Vanti EN, Supandi ED. 2020. Pembentukan portofolio optimal dengan menggunakan mean absolute deviation dan conditional mean variance. *Jurnal Fourier*. 9(1): 25-34. doi: 10.14421/fourier.2020.91.25-34.

LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1 Data profil saham yang tercatat pada Bursa Efek Indonesia pada Oktober 2024

No.	Kode Saham	Nama Perusahaan	Tanggal Pencatatan	Saham	Papan Pencatatan
1	AALI	Astra Agro Lestari Tbk.	09 Des 1997	1,924,688,333	Utama
2	ABBA	Mahaka Media Tbk.	03 Apr 2002	3,935,892,857	Pemantauan Khusus
3	ABDA	Asuransi Bina Dana Arta Tbk.	06 Jul 1989	620,806,680	Pemantauan Khusus
4	ABMM	ABM Investama Tbk.	06 Des 2011	2,753,165,000	Utama
5	ACES	Aspirasi Hidup Indonesia Tbk.	06 Nov 2007	17,120,389,700	Utama
6	ACRO	Samcro Hyosung Adilestari Tbk.	11 Jan 2024	3,469,155,149	Pengembangan
7	ACST	Acset Indonusa Tbk.	24 Jun 2013	12,675,160,000	Pengembangan
8	ADCP	Adhi Commuter Properti Tbk.	21 Mei 2021	22,222,222,200	Pengembangan
9	ADES	Akasha Wira International Tbk.	13 Jun 1994	589,896,800	Pengembangan
10	ADHI	Adhi Karya (Persero) Tbk.	18 Mar 2004	8,407,608,979	Utama
11	ADMF	Adira Dinamika Multi Finance Tbk.	31 Mar 2004	1,000,000,000	Pengembangan
12	ADMG	Polychem Indonesia Tbk	20 Okt 1993	3,889,179,559	Pengembangan
13	ADMR	Adaro Minerals Indonesia Tbk.	03 Jan 2022	40,882,331,500	Utama
14	ADRO	Adaro Energy Indonesia Tbk.	16 Jul 2008	30,758,665,900	Utama
15	AEGS	Anugerah Spareparts Sejahtera	11 Sep 2023	1,006,080,721	Akselerasi
16	AGAR	Asia Sejahtera Mina Tbk.	02 Des 2019	1,000,000,000	Pengembangan
17	AGII	Samator Indo Gas Tbk.	28 Sep 2016	3,066,660,000	Pengembangan
18	AGRO	Bank Raya Indonesia Tbk.	08 Agt 2003	24,493,093,216	Utama
19	AGRS	Bank IBK Indonesia Tbk.	22 Des 2014	47,367,057,874	Pengembangan
:	:	:	:	:	:
920	WINR	Winner Nusantara Jaya Tbk.	25 Apr 2022	5,235,292,511	Pemantauan Khusus
921	WINS	Wintermar Offshore Marine Tbk.	29 Nov 2010	4,364,837,057	Utama
922	WIRG	WIR ASIA Tbk.	04 Apr 2022	11,938,622,394	Pengembangan
923	WMPP	Widodo Makmur Perkasa Tbk.	06 Des 2021	29,419,000,000	Pemantauan Khusus
924	WMUU	Widodo Makmur Unggas Tbk.	02 Feb 2021	12,941,176,500	Pemantauan Khusus
925	WOMF	Wahana Ottomitra Multiartha Tb	13 Des 2004	3,481,481,480	Pengembangan
926	WOOD	Integra Indocabinet Tbk.	21 Jun 2017	6,437,500,000	Utama
927	WOWS	Ginting Jaya Energi Tbk.	08 Nov 2019	2,475,720,000	Pemantauan Khusus
928	WSBP	Waskita Beton Precast Tbk.	20 Sep 2016	54,906,503,076	Pemantauan Khusus
929	WSKT	Waskita Karya (Persero) Tbk.	19 Des 2012	28,806,807,016	Pemantauan Khusus
930	WTON	Wijaya Karya Beton Tbk.	08 Apr 2014	8,715,466,600	Utama
931	YELO	Yelooo Integra Datanet Tbk.	29 Okt 2018	1,912,774,405	Pemantauan Khusus
932	YPAS	Yanaprima Hastapersada Tbk	05 Mar 2008	668,000,089	Pemantauan Khusus
933	YULE	Yulie Sekuritas Indonesia Tbk.	10 Des 2004	1,785,000,000	Pengembangan
934	ZATA	Bersama Zatta Jaya Tbk.	10 Nov 2022	8,496,000,000	Pemantauan Khusus
935	ZBRA	Dosni Roha Indonesia Tbk.	01 Agt 1991	2,510,706,263	Pengembangan
936	ZINC	Kapuas Prima Coal Tbk.	16 Okt 2017	25,250,000,000	Pemantauan Khusus
937	ZONE	Mega Perintis Tbk.	12 Des 2018	870,171,478	Pengembangan
938	ZYRX	Zyrexindo Mandiri Buana Tbk.	30 Mar 2021	1,333,334,556	Pengembangan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 2 Data historis harga saham harian dari 1 Juli 2023 – 30 Juni 2024

No.	Symbol	Date	Open	High	Low	Close	Volume	Adjusted
1	AALI	7/3/2023	7,475	7,625	7,475	7,600	1,059,500	7,230.412598
2	AALI	7/4/2023	7,650	7,725	7,550	7,600	1,458,600	7,230.412598
3	AALI	7/5/2023	7,600	7,700	7,600	7,625	484,500	7,254.196777
4	AALI	7/6/2023	7,700	7,700	7,625	7,675	565,000	7,301.765137
5	AALI	7/7/2023	7,700	7,875	7,650	7,750	1,854,600	7,373.118164
6	AALI	7/10/2023	7,750	7,850	7,750	7,850	841,000	7,468.254883
7	AALI	7/11/2023	7,875	7,975	7,825	7,925	1,811,400	7,539.60791
8	AALI	7/12/2023	7,950	8,000	7,925	7,950	860,700	7,563.391602
9	AALI	7/13/2023	8,000	8,000	7,900	7,900	579,300	7,515.82373
10	AALI	7/14/2023	7,900	7,975	7,825	7,950	900,600	7,563.391602
11	AALI	7/17/2023	7,950	7,950	7,850	7,850	712,400	7,468.254883
12	AALI	7/18/2023	7,850	7,925	7,825	7,825	1,032,200	7,444.470703
13	AALI	7/20/2023	7,800	7,850	7,700	7,825	992,600	7,444.470703
14	AALI	7/21/2023	7,875	8,075	7,850	8,000	3,653,400	7,610.960938
15	AALI	7/24/2023	8,000	8,150	8,000	8,125	1,829,100	7,729.881836
16	AALI	7/25/2023	8,150	8,200	8,050	8,150	2,123,800	7,753.666016
17	AALI	7/26/2023	8,125	8,150	8,000	8,150	2,427,000	7,753.666016
18	AALI	7/27/2023	8,150	8,150	8,000	8,000	641,500	7,610.960938
19	AALI	7/28/2023	7,850	8,000	7,700	7,700	2,248,600	7,325.549316
20	AALI	7/31/2023	7,700	7,775	7,575	7,575	1,996,000	7,206.62793
21	AALI	8/1/2023	7,575	7,650	7,550	7,550	858,600	7,182.844238
22	AALI	8/2/2023	7,550	7,750	7,550	7,700	876,800	7,325.549316
23	AALI	8/3/2023	7,700	7,775	7,650	7,700	1,016,400	7,325.549316
24	AALI	8/4/2023	7,750	7,750	7,650	7,700	336,500	7,325.549316
25	AALI	8/7/2023	7,775	7,775	7,675	7,750	415,100	7,373.11816
26	AALI	8/8/2023	7,725	7,775	7,650	7,650	418,200	7,277.98096
:	:	:	:	:	:	:	:	:
180690	ZYRX	5/20/2024	135	139	129	136	145,900	132.48111
180691	ZYRX	5/21/2024	136	136	130	136	215,800	132.48111
180692	ZYRX	5/22/2024	136	148	130	147	127,800	143.196503
180693	ZYRX	5/27/2024	147	147	136	141	40,100	137.351746
180694	ZYRX	5/28/2024	147	147	137	138	117,800	134.429367
180695	ZYRX	5/29/2024	144	144	136	138	31,800	134.429367
180696	ZYRX	5/30/2024	138	138	136	137	13,500	133.455246
180697	ZYRX	5/31/2024	139	139	130	137	28,000	133.455246
180698	ZYRX	6/3/2024	137	138	135	138	15,300	134.4293671
180699	ZYRX	6/4/2024	138	186	138	186	13,775,600	181.1874084
180700	ZYRX	6/5/2024	194	200	160	160	14,868,700	155.8601379
180701	ZYRX	6/6/2024	151	166	151	159	1709,300	154.8860168
180702	ZYRX	6/7/2024	150	162	150	156	974,900	151.9636383
180703	ZYRX	6/10/2024	147	158	147	151	435,600	147.0930023
180704	ZYRX	6/11/2024	142	163	142	149	986,700	145.1447601
180705	ZYRX	6/12/2024	139	150	139	144	457,900	140.2741241
180706	ZYRX	6/13/2024	135	149	135	147	82,800	143.1965027
180707	ZYRX	6/14/2024	137	147	137	144	159,200	140.2741241
180708	ZYRX	6/19/2024	144	145	136	140	158,800	136.3776245
180709	ZYRX	6/20/2024	131	165	131	144	326,500	140.2741241
180710	ZYRX	6/21/2024	145	148	140	143	171,400	139.3000031
180711	ZYRX	6/24/2024	142	149	139	149	309,800	149
180712	ZYRX	6/25/2024	146	148	142	143	101,400	143
180713	ZYRX	6/26/2024	147	155	145	149	299,900	149
180714	ZYRX	6/27/2024	149	155	149	153	209,400	153
180715	ZYRX	6/28/2024	153	158	150	158	175,000	158

Lampiran 3 Hasil pengelompokan *cluster* menggunakan metode *K-Means*

No.	Kode Saham	Return	Volatilitas	Cluster	No.	Kode Saham	Return	Volatilitas	Cluster
1	AALI	-0.3417	0.1791	1	654	TRIN	-0.5583	0.7529	1
2	ABBA	-1.5773	0.5067	2	655	TRIS	-0.1527	0.6830	1
3	ABDA	-0.2311	0.1154	1	656	TRST	-0.3075	0.5024	1
4	ABMM	0.1283	0.2831	1	657	TRUE	-1.3471	0.5309	2
5	ACES	0.2438	0.3947	1	658	TRUK	-0.5705	0.4168	1
6	ACST	-0.3272	0.6869	1	659	TRUS	-0.1023	0.6829	1
7	ADCP	-0.1655	0.2519	1	660	TSPC	0.1609	0.2582	1
8	ADES	0.2126	0.4466	1	661	TUGU	-0.1575	0.3455	1
9	ADHI	-0.8260	0.4577	2	662	UANG	0.3028	1.1647	1
10	ADMF	0.0964	0.2762	1	663	UCID	-0.3078	0.2023	1
11	ADMG	-0.2973	0.3786	1	664	UFOE	0.0572	0.4154	1
12	ADMR	0.3448	0.5137	1	665	ULTJ	-0.0552	0.3277	1
13	ADRO	0.1802	0.3187	1	666	UNIC	-0.0798	0.2054	1
14	AGAR	0.3790	0.7089	1	667	UNIQ	1.2220	0.7729	1
15	AGII	-0.0492	0.2440	1	668	UNSP	-0.2973	0.3224	1
16	AGRS	-0.5328	0.3158	1	669	UNTR	-0.0478	0.2673	1
17	AHAP	0.5317	0.9328	1	670	UNVR	-0.3557	0.3549	1
18	AIMS	0.4990	0.8954	1	671	URBN	-0.0484	0.6038	1
19	AISA	-0.2109	0.4851	1	672	UVCR	-0.3425	0.6879	1
20	AKKU	-1.2040	0.6110	2	673	VICI	0.2308	0.2179	1
21	AKPI	-0.4911	0.4356	1	674	VICO	-0.2640	0.5431	1
22	AKRA	0.1424	0.2865	1	675	VINS	0.1899	1.1404	1
23	AKSI	-0.6349	0.7552	1	676	VIVA	-2.1203	0.6311	2
24	ALDO	0.3999	0.4120	1	677	VOKS	-0.0547	0.3703	1
25	ALKA	-0.3383	0.9970	1	678	VRNA	-0.0889	0.2542	1
26	ALMI	-1.2993	0.6626	2	679	VTNY	-0.7851	0.9384	2
27	ALTO	-1.5141	0.5679	2	680	WAPO	-0.0075	0.6297	1
28	AMAG	-0.1486	0.2615	1	681	WEGE	-0.4722	0.4078	1
29	AMAN	-0.1838	0.6632	1	682	WEHA	-0.1823	0.5069	1
30	AMAR	-0.3064	0.3041	1	683	WGSB	-0.7707	0.6286	2
31	AMFG	-0.1617	0.2385	1	684	WIFI	0.0694	0.4245	1
32	AMIN	0.2703	0.4745	1	685	WIIM	-0.2366	0.6588	1
33	AMOR	-0.3722	0.4101	1	686	WIKI	-1.7603	0.6359	2
34	AMRT	0.0599	0.2749	1	687	WINR	-1.4271	0.6097	2
35	ANJT	-0.1025	0.2924	1	688	WINS	0.4400	0.6292	1
36	ANTM	-0.4523	0.3178	1	689	WIRG	-0.2370	0.5220	1
37	APEX	-0.1734	0.7608	1	690	WMPP	-1.4271	0.4921	2
38	APIC	-0.0606	0.2254	1	691	WMUU	-1.8326	0.6299	2
39	APII	-0.1054	0.2249	1	692	WOMF	0.0055	0.3084	1
40	APLI	0.4005	0.6872	1	693	WOOD	-0.7082	0.4181	1
41	APLN	-0.5179	0.3088	1	694	WOWS	-0.6162	0.5866	1
42	ARCI	-0.3483	0.4600	1	695	WSBP	-1.5141	0.5264	2
43	ARGO	0.8473	0.2272	1	696	WTON	-0.8267	0.3798	2
44	ARII	0.5615	0.7170	1	697	YELO	-1.3471	0.5443	2
45	ARKA	-1.4271	0.5936	2	698	YPAS	-0.5702	0.4957	1
46	ARKO	0.3947	0.5258	1	699	YULE	0.1154	0.2648	1
47	ARNA	-0.4544	0.2375	1	700	ZATA	-1.8326	0.7019	2
48	ARTA	0.4392	0.3533	1	701	ZINC	-1.3471	0.6049	2
49	ARTO	-0.2959	0.6582	1	702	ZONE	-0.0048	0.1025	1
50	:	:	:	:	703	ZYRX	-0.3219	0.5593	1

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengkomersialkan dan memperjualbelikan atau seluruhnya atau sebagian karya tulis ini untuk tujuan komersial atau tujuan lain tanpa izin tertulis dari penulis

Lampiran 4 Return bulanan saham skenario 1

Kode Saham	Return Bulanan (r_{it})												Mean Return (r_i)
	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	
DSSA	0.09309	0.06454	0.06454	-0.00391	0.00976	0.44044	0.58935	-0.11176	-0.04743	0.01613	0.52827	0.16487	0.15066
FORU	0.10987	-0.06570	-0.01242	0.01242	-0.05064	-0.13168	0.99736	0.79440	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.13780
KARW	0.06782	0.01626	-0.10178	0.03509	-0.14842	0.00000	0.23111	0.93827	0.72974	0.00000	0.00000	0.00000	0.14734
LABA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01980	-0.01980	0.00000	0.00000	0.00000	0.07696	1.09861	0.21072	0.11552
NASI	-0.04139	0.11935	0.07232	-0.03551	0.04707	-0.12210	-0.13911	0.13911	-0.15415	0.15415	0.65341	0.33066	0.08532
PANI	0.07980	0.79939	0.24777	-0.10008	0.07280	0.04167	-0.01232	0.08131	0.06006	-0.12295	0.03879	-0.04082	0.09545
SATU	0.00000	0.00000	0.55389	0.45407	-0.26602	-0.04879	0.06766	0.21752	0.04412	0.15928	-0.06331	0.01299	0.09428
SRAJ	0.00000	-0.00766	-0.05535	-0.52447	-0.26953	0.07616	0.69315	0.41651	0.63372	0.00000	0.10244	0.18670	0.10431
TPIA	-0.01405	0.02791	0.14889	0.16370	-0.01012	0.57642	0.02817	-0.16470	0.24046	0.26269	0.19163	0.00543	0.12137
UNIQ	0.26933	-0.62169	-0.22099	0.80494	0.13473	-0.09699	-0.02817	0.30888	0.31015	0.12968	0.13859	0.09353	0.10183

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit
 2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel, dan penulisan buku untuk tujuan komersial lainnya
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University

Lampiran 6 Return bulanan saham skenario 3

Kode Saham	Return Bulanan (r_{it})												Mean Return (r_i)
	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	
CANI	-0.11067	-0.01070	-0.10178	-0.08701	-0.43178	0.00000	0.00000	0.00000	-0.30111	0.10265	0.13658	0.08168	-0.06018
CTBN	-0.03204	-0.07232	-0.33898	-0.05778	-0.111407	0.17884	-0.17884	-0.11000	0.22035	0.28955	-0.34714	-0.14889	-0.05928
DSSA	0.09309	0.06454	0.06454	-0.00391	0.00976	0.44044	0.58935	-0.11176	-0.04743	0.01613	0.52827	0.16487	0.15066
ETWA	-0.13158	-0.10710	-0.04445	-0.08536	-0.02000	-0.02041	-0.32622	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.06126
FORU	0.10987	-0.06570	-0.01242	0.01242	-0.05064	-0.13168	0.99736	0.79440	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.13780
KARW	0.06782	0.01626	-0.10178	0.03509	-0.14842	0.00000	0.23111	0.93827	0.72974	0.00000	0.00000	0.00000	0.14734
LABA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01980	-0.01980	0.00000	0.00000	0.00000	0.07696	1.09861	0.21072	0.11552
MREI	-0.06733	-0.03287	-0.02604	0.01050	0.00000	0.08265	-0.17275	-0.25581	0.10166	-0.16645	-0.16206	-0.06701	-0.06296
PAMG	-0.30338	-0.27510	-0.05129	0.19106	-0.17366	0.25705	-0.01342	0.00000	-0.09937	-0.01504	0.00000	-0.27763	-0.06340
TPIA	-0.01405	0.02791	0.14889	0.16370	-0.01012	0.57642	0.02817	-0.16470	0.24046	0.26269	0.19163	0.00543	0.12137

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel, dan penulisan buku

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

Kode Saham	Return Bulanan (r_{it})												Mean Return ($\bar{r}_i$)
	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	
BELI	-0.00440	-0.00442	0.00000	0.00442	0.04732	0.01253	-0.00416	-0.00837	0.00000	-0.00844	-0.03888	0.02609	0.00181
BOSS	-0.03922	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00327
CNTX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.13762	0.01418	0.00000	0.00000	0.01265
FAPA	0.00980	0.00000	0.00000	0.03358	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00362
LIFE	0.00000	-0.01639	0.00000	-0.00414	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00416	0.00416	-0.00416	0.00830	-0.00137
NIRO	0.00707	-0.01418	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00712	-0.00712	0.00000	-0.00059
RISE	0.02506	-0.01496	-0.02031	-0.02073	0.04103	0.00000	-0.01519	0.01015	-0.00506	0.00000	-0.04146	0.04652	0.00042
SUPR	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.16002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.01961	0.00000	0.00000	0.01170
TLDN	0.00881	0.00000	0.01307	-0.00434	-0.03091	0.00893	0.00885	0.01747	-0.01307	-0.01325	-0.00445	-0.02257	-0.00262
ZONE	0.00948	0.01405	0.03204	0.00897	0.00445	-0.01342	-0.01361	0.01361	0.00897	-0.01348	-0.01367	-0.04216	-0.00040



Lampiran 8 Return bulanan saham skenario 5

Kode Saham	Return Bulanan (r_{it})												Mean Return (r_i)
	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	
ADHI	0.05617	-0.09699	0.09699	-0.16897	-0.02519	-0.22826	-0.10110	0.04845	-0.01361	-0.12379	-0.21542	-0.05433	-0.06884
BEBS	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.10536	-1.50408	-0.13412
BIPP	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.30111	-0.51988	0.08701	-0.08701	-0.06842
CMPP	0.10178	0.00643	-0.05264	-0.12201	0.03746	-0.08434	-0.09212	0.02598	-0.26236	-0.31015	-0.11212	-0.10725	-0.08095
CSIS	0.06669	-0.03279	-0.03390	-0.09015	-0.03847	0.00000	-0.01980	0.00000	0.00000	0.00000	-0.10536	-0.81093	-0.08873
HRME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.38566	-0.53063	-0.05129	0.19106	-0.06471
IKAN	-0.03637	0.01835	-0.07551	0.01942	-0.01942	-0.01980	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.10536	-1.24171	-0.12170
KRAS	0.04696	-0.04696	-0.06454	-0.14310	-0.08004	-0.09403	-0.00707	-0.02151	0.03559	-0.06500	-0.13567	-0.21888	-0.06619
STAR	0.02963	-0.06017	-0.07232	-0.04256	-0.04445	-0.02765	-0.07771	-0.10648	-0.39429	-0.18232	0.00000	0.00000	-0.08153
WTON	0.02062	-0.00683	0.00000	-0.06363	-0.06017	-0.17768	-0.04740	0.04740	-0.05716	-0.13634	-0.25453	-0.09097	-0.06889

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber atau sebaliknya.
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk dipublikasikan.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel, dan sebagainya.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

Kode Saham	Return Bulanan (r_{it})												Mean Return (r_i)
	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	
BEBS	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.10536	-1.50408	-0.13412
BOSS	-0.03922	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00327
CMPP	0.10178	0.00643	-0.05264	-0.12201	0.03746	-0.08434	-0.09212	0.02598	-0.26236	-0.31015	-0.11212	-0.10725	-0.08095
CSIS	0.06669	-0.03279	-0.03390	-0.09015	-0.03847	0.00000	-0.01980	0.00000	0.00000	0.00000	-0.10536	-0.81093	-0.08873
FAPA	0.00980	0.00000	0.00000	0.03358	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00362
KRAS	0.04696	-0.04696	-0.06454	-0.14310	-0.08004	-0.09403	-0.00707	-0.02151	0.03559	-0.06500	-0.13567	-0.21888	-0.06619
LIFE	0.00000	-0.01639	0.00000	-0.00414	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00416	0.00416	-0.00416	0.00830	-0.00137
NIRO	0.00707	-0.01418	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00712	-0.00712	0.00000	-0.00059
RISE	0.02506	-0.01496	-0.02031	-0.02073	0.04103	0.00000	-0.01519	0.01015	-0.00506	0.00000	-0.04146	0.04652	0.00042
WTON	0.02062	-0.00683	0.00000	-0.06363	-0.06017	-0.17768	-0.04740	0.04740	-0.05716	-0.13634	-0.25453	-0.09097	-0.06889



Lampiran 10 *Return* bulanan saham skenario 7

Kode Saham	Return Bulanan (r_{it})												Mean Return (r_i)
	2023-07	2023-08	2023-09	2023-10	2023-11	2023-12	2024-01	2024-02	2024-03	2024-04	2024-05	2024-06	
ARGO	0.09329	0.03188	0.30950	0.06947	0.12002	0.13353	0.00519	-0.01567	0.03109	-0.03109	0.01567	0.08442	0.07061
BINO	0.08986	-0.00784	-0.04017	0.00816	0.03200	0.02335	-0.03922	0.03922	0.00000	0.00766	0.04478	0.02166	0.01496
BSSR	0.09451	0.07902	-0.01233	-0.00248	-0.05628	0.01567	-0.04233	-0.01910	0.03252	0.00797	0.03637	0.05942	0.01608
BSWD	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04729	0.18633	0.15415	0.56531	0.00647	0.00000	0.00000	0.07996
CLPI	-0.03000	-0.00509	-0.02062	0.02571	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02506	0.01474	0.04297	0.13936	0.01601
DNET	0.10783	0.02198	0.01938	0.00213	0.01058	-0.01058	-0.02151	0.01938	0.00213	-0.00213	0.04380	0.00610	0.01659
JRPT	0.05456	0.10093	0.05449	0.05167	0.04226	-0.03509	-0.01439	-0.03690	-0.02281	0.03031	0.00000	-0.03803	0.01558
MTLA	-0.01558	0.01042	0.00517	-0.00517	0.03563	0.00995	-0.00995	-0.03563	0.01031	-0.01031	0.01031	0.16508	0.01419
SURE	0.00000	0.00000	-0.28192	-0.09225	-0.07864	0.00000	0.14764	0.11822	0.18696	0.16972	0.11071	0.10361	0.03200
VICI	0.20764	0.02317	0.00760	-0.00760	0.01515	-0.02281	0.03031	-0.07756	0.07007	-0.03054	-0.00778	0.02317	0.01923

Lampiran 11 Sintaks *K-Means clustering* menggunakan R Studio

PERHITUNGAN RETURN DAN VOLATILITAS TAHUNAN

```
data_retvol <- stocks %>%
  na.omit() %>%
  arrange(symbol, date) %>%
  group_by(symbol) %>%
  mutate(daily_return = log(close / lag(close))) %>%
  summarise(
    Return = sum(daily_return, na.rm = TRUE),
    Volatilitas = sd(daily_return, na.rm = TRUE) * sqrt(252),
    .groups = "drop"
  ) %>%
  ungroup() %>%
  select(symbol, Return, Volatilitas)
print(rbind(head(data_retvol, 5), tail(data_retvol, 5)))

data_final <- data_retvol %>%
  filter(Volatilitas != 0 & Return != 0) %>%
  column_to_rownames(var = "symbol")
print(rbind(head(data_final, 5), tail(data_final, 5)))

par(mfrow = c(1, 2), mar = c(4, 4, 1, 1))
hist(data_final$Return, main="", xlab="Return", col="gray", border="black",
breaks = 30)
hist(data_final$Volatilitas, main="", xlab="Volatilitas", col="gray",
border="black", breaks = 30)

## OUTLIER DETECTION ##

par(mar = c(4, 4, 1, 1))
kNNdistplot(data_final, k = 8)
abline(h = 0.4, col = "red")

dbscan_clust <- dbscan(data_final, eps = 0.4, MinPts = 8)
dbscan_clust

data_anomaly <- data_final %>%
  rownames_to_column(var = "code") %>%
  mutate(db_clust = as.factor(dbscan_clust$cluster))
head(data_anomaly)

ggplot(data_anomaly, aes(x = data_final[, 2], y = data_final[, 1], color = db_clust,
label = code)) +
  geom_point(size = 2) +
  geom_text(aes(label = ifelse(db_clust == 0, as.character(code), "")),
    hjust = 0.5, vjust = -0.5, color = "red", size = 3) +
```

```
scale_color_manual(values = c("red", "cyan3")) +
theme_minimal() +
labs(x = "Volatilitas", y = "Return") +
guides(color = guide_legend(title = "Cluster"))
```

```
outlier_codes <- data_anomaly %>%
  filter(db_clust == 0) %>%
  pull(code)
outlier_codes
```

```
data_final_clean <- data_anomaly %>%
  filter(db_clust != 0) %>%
  select(-db_clust) %>%
  column_to_rownames(var = "code")
head(data_final_clean)
```

```
## CLUSTERING K-MEANS ##
```

```
# Menentukan nilai k optimal dengan metode Elbow
fviz_nbclust(data_final_clean, kmeans, method = "wss") + ggtitle(NULL)
```

```
# Menentukan nilai k optimal dengan metode Silhouette
fviz_nbclust(data_final_clean, kmeans, method = "silhouette") + ggtitle(NULL)
```

```
fviz_cluster(clust, data = data_final_clean, ggtheme = theme_minimal()) +
  ylim(c(-2.5,5)) +
  xlim(c(-4,4)) + ggtitle(NULL)
print(clust)
```

Lampiran 12 Sintaks pembentukan portofolio menggunakan R Studio

```
## PEMILIHAN SAHAM KORELASI KENDALL'S TAU ##
```

```
ret <- function(skenario, stocks) {
  ret_skenario <- stocks %>%
    filter(symbol %in% skenario$symbol) %>%
    na.omit() %>%
    arrange(symbol, date) %>%
    group_by(symbol) %>%
    summarise(daily_return = log(close / lag(close)), .groups = "drop") %>%
    na.omit() %>%
    ungroup() %>%
    select(symbol, daily_return) %>%
    pivot_wider(names_from = symbol, values_from = daily_return) %>%
    unnest(cols = everything())
  return(ret_skenario)
}
```

```
cor_skenario <- function(ret) {  
  cor_skenario <- cor(ret, method = "kendall")  
  cor_skenario[upper.tri(cor_skenario)] <- NA  
  cor_skenario_long <- melt(cor_skenario, na.rm = TRUE)  
  
  ggplot(data = cor_skenario_long, aes(x = Var1, y = Var2, fill = value)) +  
    geom_tile(color = "black") +  
    scale_fill_gradient2(low = "blue", high = "red", mid = "white", midpoint = 0,  
      limit = c(-1, 1), space = "Lab", name = "Kendall's Tau") +  
    geom_text(aes(label = round(value, 3)), color = "black", size = 3) +  
    theme_minimal() +  
    labs(  
      title = NULL,  
      x = NULL,  
      y = NULL) +  
    theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),  
      legend.position = c(0.25, 0.65),  
      legend.key.size = unit(0.5, "cm"),  
      legend.text = element_text(size = 8),  
      panel.grid = element_blank()) +  
    scale_y_discrete(position = "right") +  
    coord_fixed()  
}  
  
# Skenario 1  
skenario_1 <- data_cluster1 %>%  
  filter(Volatilitas < 1) %>%  
  arrange(desc(Return)) %>%  
  slice_head(n = 10)  
skenario_1  
  
mean(skenario_1$Return)  
mean(skenario_1$Volatilitas)  
  
profile_skenario1 <- profile %>%  
  filter(Code %in% skenario_1$symbol)  
profile_skenario1  
  
ret_skenario1 <- ret(skenario_1, stocks)  
head(ret_skenario1)  
  
cor_skenario(ret_skenario1)  
  
## PERHITUNGAN RETURN SAHAM BULANAN ##  
  
retmon <- function(skenario, stocks) {  
  retmon_skenario <- stocks %>%  
    filter(symbol %in% skenario$symbol) %>%
```

@ Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

```

na.omit() %>%
group_by(symbol) %>%
mutate(daily_return = log(close / lag(close))) %>%
mutate(month = format(floor_date(date, "month"), "%Y-%m")) %>%
group_by(symbol, month) %>%
summarise(monthly_return = sum(daily_return, na.rm = TRUE), .groups =
"drop") %>%
pivot_wider(
  names_from = month,
  values_from = monthly_return
) %>%
ungroup() %>%
mutate(mean_return = rowMeans(select_if(., is.numeric), na.rm = TRUE)) %>%
mutate(across(where(is.numeric), ~ round(., 5)))
return(retmon_skenario)
}

```

```

# Skenario 1
retmon_skenario1 <- retmon(skenario_1, stocks)
retmon_skenario1

```

```
## PORTOFOLIO ##
```

```
### NILAI (r_it - r_i) ###
```

```

ret_porto <- function(data) {
  result <- data
  for (i in 2:(ncol(data)-1)) {
    for (j in 1:nrow(data)) {
      result[[i]][j] <- round(data[[i]][j] - data[[ncol(data)]][j], 5)
      result[[ncol(data)]][j] <- round(data[[ncol(data)]][j], 5)
    }
  }
  return(result)
}

```

```

# Skenario 1
retporto_skenario1 <- ret_porto(retmon_skenario1)
retporto_skenario1

```

Lampiran 13 Sintaks menentukan solusi optimal portofolio saham model Semi-MAD menggunakan Julia

```

using JuMP
using GLPK

```

```

# Skenario 1
# definisikan objek model

```

```
model = Model(GLPK.Optimizer)
```

```
# definisikan peubah
```

```
@variable(model, p1 >= 0)
@variable(model, p2 >= 0)
@variable(model, p3 >= 0)
@variable(model, p4 >= 0)
@variable(model, p5 >= 0)
@variable(model, p6 >= 0)
@variable(model, p7 >= 0)
@variable(model, p8 >= 0)
@variable(model, p9 >= 0)
@variable(model, p10 >= 0)
@variable(model, p11 >= 0)
@variable(model, p12 >= 0)
@variable(model, y1 >= 0)
@variable(model, y2 >= 0)
@variable(model, y3 >= 0)
@variable(model, y4 >= 0)
@variable(model, y5 >= 0)
@variable(model, y6 >= 0)
@variable(model, y7 >= 0)
@variable(model, y8 >= 0)
@variable(model, y9 >= 0)
@variable(model, y10 >= 0)
@variable(model, Z1, Bin)
@variable(model, Z2, Bin)
@variable(model, Z3, Bin)
@variable(model, Z4, Bin)
@variable(model, Z5, Bin)
@variable(model, Z6, Bin)
@variable(model, Z7, Bin)
@variable(model, Z8, Bin)
@variable(model, Z9, Bin)
@variable(model, Z10, Bin)
```

```
# definisikan kendala
```

```
@constraint(model, p1 - 0.05757y1 - 0.02793y2 - 0.07952y3 - 0.11552y4 -
0.12670y5 - 0.01565y6 - 0.09428y7 - 0.10431y8 - 0.13542y9 + 0.16750y10 >= 0)
@constraint(model, p2 - 0.08612y1 - 0.20350y2 - 0.13108y3 - 0.11552y4 +
0.03403y5 + 0.70394y6 - 0.09428y7 - 0.11197y8 - 0.09346y9 - 0.72352y10 >= 0)
@constraint(model, p3 - 0.08612y1 - 0.15022y2 - 0.24912y3 - 0.11552y4 -
0.01300y5 + 0.15232y6 + 0.45960y7 - 0.15966y8 + 0.02752y9 - 0.32282y10 >= 0)
@constraint(model, p4 - 0.15457y1 - 0.12538y2 - 0.11225y3 - 0.11552y4 -
0.12082y5 - 0.19554y6 + 0.35979y7 - 0.62877y8 + 0.04233y9 + 0.70311y10 >= 0)
@constraint(model, p5 - 0.14090y1 - 0.18844y2 - 0.29576y3 - 0.09572y4 -
0.03825y5 - 0.02265y6 - 0.36030y7 - 0.37384y8 - 0.13149y9 + 0.03290y10 >= 0)
```

```

@constraint(model, p6 + 0.28979y1 - 0.26948y2 - 0.14734y3 - 0.13533y4 -
0.20742y5 - 0.05378y6 - 0.14307y7 - 0.02814y8 + 0.45505y9 - 0.19882y10 >= 0)
@constraint(model, p7 + 0.43869y1 + 0.85956y2 + 0.08377y3 - 0.11552y4 -
0.22443y5 - 0.10777y6 - 0.02662y7 + 0.58884y8 - 0.09320y9 - 0.13000y10 >= 0)
@constraint(model, p8 - 0.26241y1 + 0.65660y2 + 0.79093y3 - 0.11552y4 +
0.05380y5 - 0.01414y6 + 0.12324y7 + 0.31221y8 - 0.28607y9 + 0.20705y10 >= 0)
@constraint(model, p9 - 0.19809y1 - 0.13780y2 + 0.58240y3 - 0.11552y4 -
0.23947y5 - 0.03539y6 - 0.05016y7 + 0.52942y8 + 0.11909y9 + 0.20832y10 >= 0)
@constraint(model, p10 - 0.13453y1 - 0.13780y2 - 0.14734y3 - 0.03856y4 +
0.06883y5 - 0.21841y6 + 0.06499y7 - 0.10431y8 + 0.14132y9 + 0.02785y10 >= 0)
@constraint(model, p11 + 0.37762y1 - 0.13780y2 - 0.14734y3 + 0.98309y4 +
0.56809y5 - 0.05666y6 - 0.15760y7 - 0.00187y8 + 0.07026y9 + 0.03675y10 >= 0)
@constraint(model, p12 + 0.01422y1 - 0.13780y2 - 0.14734y3 + 0.09520y4 +
0.24535y5 - 0.13627y6 - 0.08130y7 + 0.08239y8 - 0.11594y9 - 0.00831y10 >= 0)
@constraint(model, y1 + y2 + y3 + y4 + y5 + y6 + y7 + y8 + y9 + y10 == 1)
@constraint(model, 0.05Z1 <= y1)
@constraint(model, 0.05Z2 <= y2)
@constraint(model, 0.05Z3 <= y3)
@constraint(model, 0.05Z4 <= y4)
@constraint(model, 0.05Z5 <= y5)
@constraint(model, 0.05Z6 <= y6)
@constraint(model, 0.05Z7 <= y7)
@constraint(model, 0.05Z8 <= y8)
@constraint(model, 0.05Z9 <= y9)
@constraint(model, 0.05Z10 <= y10)
@constraint(model, y1 <= 0.25Z1)
@constraint(model, y2 <= 0.25Z2)
@constraint(model, y3 <= 0.25Z3)
@constraint(model, y4 <= 0.25Z4)
@constraint(model, y5 <= 0.25Z5)
@constraint(model, y6 <= 0.25Z6)
@constraint(model, y7 <= 0.25Z7)
@constraint(model, y8 <= 0.25Z8)
@constraint(model, y9 <= 0.25Z9)
@constraint(model, y10 <= 0.25Z10)
@constraint(model, Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5 + Z6 + Z7 + Z8 + Z9 + Z10 == 4) #
Z = 4-7

```

```
# definisikan fungsi tujuan
```

```
@objective(model, Min, (p1 + p2 + p3 + p4 + p5 + p6 + p7 + p8 + p9 + p10 + p11
+ p12)/12)
```

```
# print model
```

```
print(model)
```

```
# optimasi model
```

```
optimize!(model)
```

tampilkan solusi y dan fungsi objektif.

```
@show value(y1);
@show value(y2);
@show value(y3);
@show value(y4);
@show value(y5);
@show value(y6);
@show value(y7);
@show value(y8);
@show value(y9);
@show value(y10);
@show objective_value(model);

# return
evaluated_expression = 0.15066 * value(y1) + 0.13780 * value(y2) + 0.14734 *
value(y3) + 0.11552 * value(y4) + 0.08532 * value(y5) + 0.09545 * value(y6) +
0.09428 * value(y7) + 0.10431 * value(y8) + 0.12137 * value(y9) + 0.10183 *
value(y10);
println("Return Portofolio: ", evaluated_expression);
```

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 13 Mei 2003 sebagai putra kedua dari pasangan bapak Sukadi dan ibu Misiyem. Penulis menempuh sekolah menengah atas (SMA) di SMA Negeri 11 Jakarta dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Aktuaria, Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika di IPB University.

Selama mengikuti program S-1, penulis aktif menjadi pengurus di *Actuarial Sains Student Association (ASSA)* sebagai Bendahara Departemen *Academic Career and Development* pada tahun 2022/2023. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan sebagai Bendahara Umum Gebyar Nusantara 2023, Bendahara Umum Matematika Ria 2023. Penulis juga pernah mengikuti Magang dan Studi Independen Bersertifikat atau MSIB di Bangkit Academy sebagai *Machine Learning Cohort*. Selain itu, penulis juga pernah melakukan publikasi bersama teman sekelompok di *Barekeng* dengan judul “*Binary Option Pricing Using Lattice Method*”. Penulis juga pernah menjalani magang di PT Reasuransi Indonesia Utama sebagai *Client Market and Treaty*, di PT Asuransi Kredit Indonesia sebagai *Claim Analyst*, dan di Manulife Indonesia sebagai *Actuarial Valuation*.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.