

**PENGGUNAAN SINGLE INDEX MODEL DALAM  
OPTIMALISASI PORTOFOLIO SAHAM UNTUK  
DATA TERCLUSTER DAN TANPA CLUSTER**



**IRMA MULIA  
H051201008**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**PENGGUNAAN *SINGLE INDEX MODEL* DALAM  
OPTIMALISASI PORTOFOLIO SAHAM UNTUK  
DATA TERCLUSTER DAN TANPA CLUSTER**

**IRMA MULIA  
H051201008**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**PENGUNAAN *SINGLE INDEX MODEL* DALAM  
OPTIMALISASI PORTOFOLIO SAHAM UNTUK  
DATA TERCLUSTER DAN TANPA CLUSTER**

IRMA MULIA  
H051201008

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Statistika

Program Studi Statistika

pada

**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**SKRIPSI**

**PENGUNAAN *SINGLE INDEX MODEL* DALAM  
OPTIMALISASI PORTOFOLIO SAHAM UNTUK  
DATA TERCLUSTER DAN TANPA CLUSTER**

**IRMA MULIA**  
**H051201008**

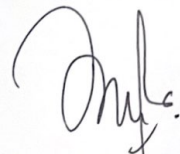
Skripsi,

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Statistika pada  
06 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Statistika  
Departemen Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan:  
Pembimbing tugas akhir,



Anisa, S.Si., M.Si.  
NIP. 19730227 199802 2 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi,



Dr. Anisa-Islamiyati, S.Si., M.Si.  
NIP. 19770808 200501 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Penggunaan *Single Index Model* dalam Optimalisasi Portofolio Saham untuk Data *Tercluster* dan Tanpa *Cluster*" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing skripsi saya (Anisa, S.Si., M.Si.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang 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 skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 06 Agustus 2024



Irma Mulia  
NIM H051201008



## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, hanya karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. *Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, berkat rahmat dan kemudahan yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penelitian ini dapat terlaksana dan terselesaikan atas bimbingan, diskusi dan arahan dari Ibu **Anisa, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak **Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.** dan Bapak **Dr. Nirwan, M.Si.** atas saran dan kritikan yang berharga serta waktu yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih juga kepada pimpinan Universitas Hasanuddin, Ketua Departemen Statistika, para dosen dan staff yang telah memberikan ilmu dan fasilitas kepada penulis.

Ucapan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya penulis haturkan kepada kedua orang tua, Ayahanda **Muhammad Irfan Akib** dan Ibunda **Rahmiati Rahim** yang telah memberikan dukungan, pengorbanan, kasih sayang serta doa yang tak henti-hentinya dipanjatkan kepada penulis. Tak lupa pula kepada kakak **Ahmad Irhamsyah Saputra**, kakak **Yunita Mayang Sari** dan adik tersayang, **Ahmad Ilham**, yang selalu memotivasi penulis untuk tetap semangat. Terima kasih juga kepada keluarga besar penulis **MAMFAT FAMILY**, khususnya **Nisa Aulia** yang setia mendampingi dan menyemangati penulis.

Penulis juga berterima kasih kepada **Daniel Oktavianus** yang telah menjadi tempat berbagi cerita dan mewarnai hari-hari penulis. Penulis juga berterima kasih kepada teman-teman **Statistika 2020 dan Pois20n**, terkhusus **Nahdah Azatil Ismah, Nurhaliza Rais, Sri Rahayu Yusri, Andi Nurannisa Azzahra, Ruslinda, Fauziah Nurhidayah, Najlah Fauziah, Alisha Shafa Azzahra** dan **Azalia Filadelfia Pagalo** serta keluarga besar **Himastat FMIPA Unhas** yang telah memberi bantuan dan saran, serta telah kebersamaan masa perkuliahan penulis. Teman-teman Kom-Kom Cih, **Aini Intan Baiduri, Alviyuniasticha, Nur Riska, Fani Rahmadani, Jushelyn Marin, Fakhriyatunnisa, Afidah Rizkiyah** dan **Fidyah Ramadhani** yang senantiasa memberikan dukungan, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak penulis sebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan bernilai ibadah disisi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pembaca.

Makassar, 06 Agustus 2024



Irma Aulia

## ABSTRAK

IRMA MULIA. **Penggunaan *Single Index Model* dalam Optimalisasi Portofolio Saham untuk Data Tercluster dan Tanpa Cluster** (dibimbing oleh Anisa).

**Latar Belakang.** Investasi saham memerlukan manajemen investasi yang baik dikarenakan risiko investasi yang tak dapat dihindari, tetapi risiko tersebut dapat diminimalisir dengan mengoptimalkan portofolio. *Single index model* dapat digunakan dalam pembentukan portofolio saham, namun kurang efektif dalam menangani aset dengan karakteristik yang berbeda. Analisis *cluster* dengan metode *average linkage* digunakan dalam mengelompokkan saham dan membangun portofolio yang terdiversifikasi dengan baik. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pembentukan portofolio yang optimal menggunakan metode *Single Index Model* tanpa analisis *cluster* dan menggunakan analisis *cluster average linkage* pada data indeks pasar IDX30. **Metode.** *Single index model* digunakan dalam pemilihan saham optimal, sedangkan analisis kluster yang digunakan untuk melakukan pengelompokkan saham yang memiliki *return* saham yang sama. Data yang digunakan merupakan harga penutupan saham yang mencakup 16 emiten saham dalam indeks pasar IDX30. **Hasil.** Hasil analisis menunjukkan bahwa portofolio *single index model* memiliki *expected return* sebesar 1,93% dengan tingkat risiko sebesar 10,96%. Sedangkan, pada portofolio *single index model* menggunakan analisis *cluster* memiliki *expected return* sebesar 2,18% dengan tingkat risiko sebesar 12,33%. Penilaian kinerja portofolio terbaik diperoleh dari nilai *sharpe ratio* terbesar, sebesar 0,1463, yang menunjukkan bahwa kombinasi dari tiga saham yang optimal, yaitu saham ADRO, BMRI dan BBNI. **Kesimpulan.** Kinerja portofolio *single index model* dengan analisis *cluster average linkage* lebih baik dibandingkan dengan portofolio *single index model* tanpa analisis *cluster*.

**Kata Kunci:** Portofolio, *Single Index Model*, Analisis *Cluster*, *Average Linkage*, *Sharpe Ratio*

## ABSTRACT

IRMA MULIA. **Use of Single Index Model in Stock Portfolio Optimization for Clustered and Non-Clustered Data** (supervised by Anisa)

**Background.** Stock investment requires good investment management due to the unavoidable risks involved. However, these risks can be minimized by optimizing the portfolio. The Single Index Model can form a stock portfolio but is less effective in handling assets with different characteristics. Cluster analysis with the average linkage method groups stocks and builds a well-diversified portfolio. **Objective.** This study aims to compare the formation of an optimal portfolio using the Single Index Model method without cluster analysis and using average linkage cluster analysis on IDX30 market index data. **Method.** The Single Index Model is used for selecting optimal stocks, while cluster analysis groups stocks with similar returns. The data consists of closing stock prices covering 16 stocks in the IDX30 market index. **Result.** The analysis results show that the Single Index Model portfolio has an expected return of 1.93% with a risk level of 10.96%. Meanwhile, using cluster analysis, the Single Index Model portfolio has an expected return of 2.18% with a risk level of 12.33%. The best portfolio performance is obtained from the highest Sharpe ratio, which is 0.1463, indicating that the combination of the three optimal stocks, namely ADRO, BMRI, and BBNI, is the best. **Conclusion.** The performance of the Single Index Model portfolio with average linkage cluster analysis is better compared to the Single Index Model portfolio without cluster analysis.

**Keywords:** Portfolio, Single Index Model, Cluster Analysis, Average Linkage, Sharpe Ratio



## DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti dan Penjelasan
Aset	Sumber daya yang dimiliki oleh individu, perusahaan atau kelompok yang memiliki nilai dan dapat menghasilkan manfaat ekonomi di masa depan
Centroid	Titik pusat dari sebuah kluster yang dihitung sebagai rata-rata dari semua titik data dalam kluster tersebut.
<i>Cluster</i>	Sekumpulan data atau objek yang memiliki kesamaan karakteristik menjadi satu kelompok
<i>Compactness</i>	Ukuran yang menunjukkan tingkat kepadatan objek data dalam setiap kluster
Diversifikasi	Strategi yang bertujuan untuk mengurangi risiko dengan menempatkan investasi ke berbagai aset.
Emiten	Perusahaan yang menerbitkan surat berharga berupa instrumen keuangan untuk dijual kepada publik melalui pasar modal.
<i>Excess return to beta</i>	Ukuran yang digunakan untuk mengukur keuntungan yang diperoleh dari investasi terhadap risiko tertentu
<i>Expected return</i>	Perkiraan keuntungan atau kerugian yang diharapkan dari suatu investasi dalam periode waktu tertentu.
Indeks pasar	Ukuran statistik yang mencerminkan kinerja gabungan dari beberapa aset yang dipilih mewakili pasar atau sektor tertentu
Investasi	Kegiatan menanamkan modal dalam suatu aset dengan harapan memperoleh keuntungan di masa depan
Investor	Individu atau lembaga yang melakukan penanaman modal dalam suatu aset dengan harapan memperoleh keuntungan di masa depan
Portofolio	Kumpulan beberapa aset investasi yang dimiliki oleh suatu individu atau institusi.
Risiko	Potensi kerugian yang mungkin dialami investor akibat berbagai faktor yang mempengaruhi harga saham.
<i>Residual Return</i>	Bagian dari <i>return</i> saham yang tidak dapat dijelaskan oleh faktor-faktor yang sudah dimasukkan kedalam model analisis.
<i>Return</i>	Tingkat pengembalian yang diperoleh dari investasi saham selama periode waktu tertentu
Saham	Suatu surat berharga yang menandakan kepemilikan seseorang dalam suatu perusahaan
<i>Separation</i>	Ukuran yang menunjukkan tingkat perbedaan antar kluster yang terbentuk
Volatilitas	Ukuran statistik dari fluktuasi harga suatu aset atau indeks pasar dalam periode waktu tertentu

## DAFTAR LAMBANG/SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Penjelasan
$d_{(UV)Y}$	Jarak antara objek dalam <i>cluster UV</i> dan objek dalam <i>cluster Y</i>
$N_{(UV)}$	Banyaknya objek dalam <i>cluster UV</i>
$SC$	Nilai indeks silhouette coefficient
$s(i)$	Nilai silhouette dari objek $i$
$a(i)$	Nilai rata-rata jarak antara objek $i$ dan semua objek dalam <i>cluster</i>
$DN(k)$	Nilai indeks dunn pada <i>cluster</i> ke- $k$
$D(\pi_i^* \pi_j^*)$	Jarak antara pasangan <i>cluster</i> $\pi_i^*$ dan $\pi_j^*$
$DBI$	Nilai <i>Davies Bouldin Index</i>
$R_{YZ}$	Rasio antara <i>cluster Y</i> dan <i>cluster Z</i>
$i$	Kode perusahaan emiten saham
$t$	Periode waktu
$R_{i(t)}$	<i>Return</i> dari saham $i$ pada periode waktu $t$
$P_{i(t)}$	Harga penutupan saham $i$ pada periode waktu $t$
$P_{i(t-1)}$	Harga penutupan saham $i$ pada periode waktu $t-1$
$E(R_i)$	<i>Expected return</i> dari saham $i$
$T$	Lama periode waktu
$E(R_{pa})$	<i>Expected return</i> dari portofolio $a$
$\alpha_{pa}$	Nilai ekspektasi dari <i>return</i> portofolio $a$ terhadap <i>return</i> pasar
$\beta_{pa}$	Koefisien yang mengukur perubahan $R_{pa}$ akibat perubahan $R_M$
$E(R_M)$	<i>Expected return</i> dari indeks pasar
$\sigma_{pa}$	Risiko dari portofolio $a$
$\sigma_M$	Risiko dari indeks pasar
$w_i$	Bobot saham $i$ yang berada dalam portofolio
$\sigma_{ei}$	Risiko dari residual <i>return</i> saham $i$
$\sigma_i$	Risiko dari saham $i$
$\alpha_i$	Nilai ekspektasi dari <i>return</i> saham $i$ terhadap <i>return</i> pasar
$\beta_i$	Koefisien yang mengukur perubahan $R_i$ akibat dari perubahan $R_M$
$R_{M(t)}$	<i>Return</i> dari indeks harga pasar pada waktu $t$
$e_{i(t)}$	Residual <i>return</i> saham $i$ pada waktu $t$
$Y$	Variabel terikat
$\beta_0, \beta_1$	Parameter regresi
$X$	Variabel bebas
$\varepsilon$	Residual ( <i>error</i> )
$W$	Ukuran yang digunakan untuk menilai data

	terhadap distribusi normal
$r$	Koefisien korelasi pearson
$\sigma_{ij}$	Kovarian dari variabel $i$ dan variabel $j$
$\sigma_{iM}$	Kovarian dari variabel $i$ dan indeks pasar
$\sigma_M^2$	Varians indeks pasar
$ERB_i$	<i>Excess return to beta</i> pada saham $i$
$R_{BR}$	<i>Return</i> bebas risiko
$C^*$	Nilai <i>cut-off-point</i>
$S_p$	Nilai <i>sharpe ratio</i>
$\mu_i$	Rata-rata dari harga saham $i$

---

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGANTAR .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISTILAH .....	viii
DAFTAR LAMBANG/SINGKATAN .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat penelitian .....	3
1.6 Teori .....	3
1.6.1 Analisis <i>Cluster</i> .....	3
1.6.2 Ukuran Jarak Dynamic Time Warping .....	6
1.6.3 Portofolio .....	7
1.6.4 <i>Single Index Model</i> .....	9
1.6.5 Indeks Sharpe .....	13
1.6.6 Indeks IDX30 .....	13
BAB II METODEOLOGI PENELITIAN .....	14
2.1 Sumber Data .....	14
2.2 Deskripsi Variabel .....	14
2.3 Metode Analisis .....	14
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	16

3.1 Estimasi Parameter <i>Single Index Model</i> .....	16
3.2 <i>Return</i> .....	17
3.3 <i>Expected return</i> dan <i>Varians return</i> dari Indeks Pasar .....	18
3.4 <i>Expected Return</i> , <i>Variansi</i> Setiap Variabel dan <i>Kovarians</i> Saham dan Indeks Pasar .....	18
3.5 Nilai Beta dan Alpha setiap Saham .....	19
3.6 Pengujian Asumsi untuk <i>Single Index Model</i> .....	20
3.7 Portofolio Optimal menggunakan <i>Single Index Model</i> .....	21
3.7.1 Portofolio Optimal menggunakan <i>Single Index Model</i> Tanpa <i>Cluster</i> .....	22
3.7.2 Portofolio Optimal menggunakan <i>Single Index Model</i> Menggunakan Analisis <i>Cluster</i> .....	24
3.8 <i>Penilaian Kinerja Portofolio Optimal</i> .....	28
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....	29
4.1 Kesimpulan .....	29
4.2 Saran .....	29
DAFTAR PUSTAKA .....	30
LAMPIRAN .....	32

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1 . Dendogram metode <i>average linkage</i> .....	26

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Deskripsi Variabel Data Penelitian .....	14
2. <i>Expected Return</i> dan Varians dari Indeks Pasar IDX30 .....	18
3. <i>Expected Return</i> , Varians Saham, serta Kovarians Saham dan Pasar pada Periode Februari 2020 - Desember 2024 .....	18
4. Nilai Beta dan Alpha setiap Saham pada Masa Pandemi dan Setelah Pandemi	19
5. Statistik Uji Normalitas untuk $\alpha = 0,05$ .....	20
6. Daftar Saham yang Memenuhi Uji Asumsi pada Data Masa Pandemi dan Setelah Pandemi .....	21
7. <i>Return</i> Bebas Risiko ( $R_{BR}$ ) .....	22
8. Nilai ERB Setiap Saham yang Telah Memenuhi Uji Asumsi .....	22
9. Hasil Perhitungan $A_i$ , $B_i$ , dan $C_i$ pada Masa Pandemi .....	22
10. Kandidat Saham Portofolio Optimal pada Masa Pandemi .....	23
11. Bobot Saham portofolio Optimal menggunakan <i>Single Index Model</i> .....	23
12. Jarak <i>Dynamic Time Warping</i> antar Saham .....	24
13. Indeks <i>Silhouette Coefficient</i> , <i>Dunn</i> , dan <i>Devies Bouldin</i> dengan metode <i>Average Linkage</i> .....	25
14. Pemilihan Saham Optimal dari Pengelompokkan <i>Average Linkage</i> .....	26
15. Pemilihan Saham Optimal dari Pengelompokkan <i>Average Linkage</i> .....	27
16. Pembobotan Saham Optimal berdasarkan Hasil Pengelompokkan <i>Average Linkage</i> .....	27
17. Perbandingan Nilai <i>Sharpe Ratio</i> .....	28



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Data harga penutupan saham yang berada dalam IDX30 .....	33
2. Data historis <i>BI-rate</i> .....	36
3. Deskripsi variabel data peneltian .....	37
4. Data <i>return</i> harga penutupan saham yang berada dalam IDX30 .....	38
5. <i>Expected return</i> setiap emiten saham .....	41
6. <i>Residual return</i> setiap emiten saham .....	42
7. Uji Korelasi antar <i>Residual Return</i> Setiap Saham .....	45
8. Uji korelasi antara <i>Residual Return</i> Saham dan <i>Return</i> indeks pasar .....	47
9. Jarak <i>Dynamic Time Warping</i> .....	47
10. <i>Agglomeration Schedule</i> Algoritma <i>Average Linkage</i> .....	47
11. Dendogram Algoritma <i>Average Linkage</i> .....	48
12. Sintaks Program R Studio pada Analisis <i>Cluster Average Linkage</i> .....	49

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Era globalisasi yang semakin berkembang pesat memberikan dorongan pada pertumbuhan ekonomi suatu negara yang membawa dampak signifikan terhadap berbagai sektor, termasuk pasar modal. Pasar modal membantu pertumbuhan ekonomi negara karena memberikan kesempatan investor untuk menanamkan modal mereka pada berbagai instrumen keuangan. Laporan Otoritas Jasa Keuangan (OJK) pada tahun 2023 menunjukkan bahwa keadaan pasar modal Indonesia mengalami pertumbuhan positif. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dan kapitalisasi pasar yang semakin meningkat.

Investasi merupakan salah satu pendukung pertumbuhan pasar modal. Investasi saham berpotensi memiliki keuntungan yang signifikan. Akan tetapi, hal ini berbanding terbalik dengan risiko yang ditimbulkan. Investor menanamkan modal kedalam beberapa saham yang membentuk sebuah portofolio. Dalam meminimalkan risiko kerugian dibutuhkan suatu strategi yang tepat yaitu dengan melakukan diversifikasi portofolio.

Optimalisasi portofolio saham merupakan proses dalam pemilihan alokasi saham yang paling efisien dalam mencapai tujuan investasi tertentu. Hal ini bertujuan dalam memaksimalkan keuntungan yang diharapkan pada tingkat risiko tertentu. *Single Index Model* merupakan salah satu model yang bisa digunakan untuk membentuk portofolio saham yang optimal.

*Single Index Model* didasarkan pada pengamatan bahwa harga suatu saham berfluktuasi searah dengan harga indeks pasar. Namun dalam penerapannya, *Single Index Model* memiliki keterbatasan dalam menangani aset yang memiliki karakteristik berbeda. Sehingga, diperlukan suatu analisis yang dapat digunakan dalam melakukan pengelompokan beberapa saham kedalam *cluster* berdasarkan karakteristiknya, yaitu analisis *cluster*. Penggabungan kedua metode tersebut dapat membantu dalam membangun portofolio yang terdiversifikasi dengan baik. Analisis *cluster* dibagi atas dua pendekatan, yaitu hirarki dan non-hirarki. Dalam penelitian ini difokuskan pada pendekatan hirarki, yaitu metode *Average Linkage* yang dimana *cluster-cluster* digabungkan berdasarkan rata-rata jarak antar objek, sehingga tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap adanya *outlier*. Novidianto dan Andrea (2020) menyebutkan bahwa metode *average linkage* menghasilkan pengelompokan yang paling tepat pada data runtun waktu dibandingkan metode *linkage* lainnya.

Penelitian ini akan menggunakan data indeks IDX30, yaitu kumpulan saham yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) dengan kapitalisasi dan frekuensi perdagangan yang tinggi, yang menunjukkan bahwa pertumbuhan dan kondisi keuangan saham sangat baik.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Zulfanita D. R. (2023) dengan menerapkan tiga metode *linkage* yang dikombinasikan dengan jarak *dynamic time warping*. Diperoleh hasil pengelompokan terbaik menggunakan *average linkage*. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Anugrahayu M. dan Azmi U. (2023) membahas mengenai optimasi portofolio saham dengan menggunakan model *mean-variance* dan *mean absolute deviation* berdasarkan *k-medoids* dengan pendekatan *dynamic time warping*. Adapun hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa portofolio *mean absolute deviation* lebih optimal dibandingkan portofolio *mean variance*. Akan tetapi, dalam penelitian Diah W. dkk (2018) mengenai perbandingan metode *mean absolute deviation* dan *Single Index Model* dalam optimalisasi portofolio saham indeks LQ-45, berdasarkan nilai *sharpe ratio* diperoleh portofolio yang paling optimal yaitu dengan menggunakan metode *single indeks model*.

Melihat kenyataan ini, akan dilakukan penelitian mengenai pembentukan portofolio optimal dengan menggunakan *Single Index Model* pada data hasil pengelompokan emiten saham IDX30 dengan metode analisis *cluster average linkage* dan membandingkannya dengan pembentukan portofolio optimal dengan menggunakan *Single Index Model* tanpa analisis *cluster*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, dirumuskan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana optimalisasi portofolio saham dengan menggunakan *Single Index Model* pada data emiten saham IDX30?
2. Bagaimana optimalisasi portofolio saham dengan menggunakan *Single Index Model* dengan analisis *cluster average linkage* pada data emiten saham IDX30?
3. Bagaimana perbandingan optimalisasi portofolio saham pada data emiten saham IDX30 menggunakan *Single Index Model* dengan analisis *cluster* dan tanpa analisis *cluster* berdasarkan indikator *sharpe ratio*?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan data emiten saham yang berada dalam indeks IDX30 pada periode Februari 2020 hingga Maret 2024.
2. Penggunaan ukuran jarak kemiripan *Dynamic Time Warping* pada data deret waktu.
3. Metode analisis *cluster* yang digunakan adalah *average linkage* yang merupakan metode *linkage* terbaik berdasarkan referensi yang diperoleh.
4. Indikator pembandingan kinerja portofolio optimal menggunakan analisis *cluster* dan tanpa analisis *cluster* dilakukan dengan menggunakan nilai *sharpe ratio*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk memperoleh hasil optimalisasi portofolio saham dengan menggunakan *Single Index Model* pada data emiten saham IDX30.
2. Untuk memperoleh hasil optimalisasi portofolio saham dengan menggunakan *Single Index Model* dengan analisis *cluster average linkage* pada data emiten saham IDX30.
3. Untuk memperoleh hasil perbandingan optimalisasi portofolio saham pada data emiten saham IDX30 menggunakan *Single Index Model* dengan analisis *cluster* dan tanpa analisis *cluster*.

## 1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengelompokkan saham dan portofolio yang optimal pada saham indeks IDX30, sehingga investor dapat menggunakannya sebagai bahan pertimbangan saat memilih saham yang sesuai dengan profil risiko dan tujuan investasi investor. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga bisa dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian serupa di masa depan.

## 1.6 Teori

### 1.6.1 Analisis Cluster

Proses penggabungan data atau objek yang diamati kedalam beberapa *cluster* atau kelompok yang homogen disebut analisis *cluster*. Dalam analisis ini, objek-objek akan dikelompokkan, sehingga objek-objek dalam sebuah *cluster* mempunyai tingkat kemiripan yang lebih tinggi dibandingkan dengan objek-objek pada *cluster* lainnya. Hasil analisis yang baik, apabila objek-objek dalam suatu *cluster* mempunyai homogenitas tinggi, serta heterogenitas antar *cluster* yang tinggi (Hair *et al.*, 2010). Metode pengelompokkan yang umum digunakan pada analisis *cluster*, yaitu *hierarchical clustering* (hirarki) dan *nonhierarchical clustering* (non hirarki).

Analisis *cluster* hirarki merupakan metode yang mengelompokkan objek-objek data kedalam diagram pohon yang disebut dengan dendogram. Metode ini menunjukkan hubungan dan ukuran antara *cluster* dan sub *cluster* dimana *cluster* dapat digabungkan (*agglomerative*) atau dipecah (*divisive*). Dalam pendekatan *agglomerative* dimulai dengan setiap titik objek dianggap sebagai *cluster* individu, lalu setiap langkah menggabungkan pasangan *cluster* yang berdekatan, hingga menjadi satu *cluster* yang mencakup semua objek. Sebaliknya, pada pendekatan *divisive* dimulai dengan satu *cluster* yang mencakup semua objek, lalu setiap langkah memisahkan *cluster* yang paling tidak mirip, hingga tersisa *cluster* tunggal dari titik-titik objek. Metode yang termasuk dalam *agglomerative* adalah *Single Linkage*, *Complete Linkage*, *Average Linkage*, *Ward* dan *Centroid* (Tan *et al.*, 2006).

Analisis *cluster* non hirarki merupakan metode yang mengelompokkan objek-objek data kedalam  $k$  *cluster* yang jumlah *clusternya* ditentukan diawal. Langkah awal dalam metode ini yaitu mengidentifikasi titik-titik objek yang mewakili setiap *cluster*. Kemudian, menempatkan objek-objek yang paling mirip kedalam satu *cluster* dan sangat berbeda dengan objek dari *cluster* pada *cluster* yang berbeda. Metode non-hirarki yang sering digunakan, yaitu *K-Means* dan *K-Medoids* (Han dan Kamber, 2006).

### A. Metode Average Linkage

*Average Linkage* merupakan salah satu metode pendekatan hirarki yang menghitung jarak antar *cluster* dengan mengambil jarak rata-rata antara semua pasangan objek, dengan masing-masing anggota dari pasangan tersebut termasuk dalam setiap *cluster*. Berikut langkah penerapan metode *average linkage* dalam pengelompokan objek (Johson dan Winehern, 2007).

1. Menentukan jarak antara objek untuk menemukan objek yang paling mirip (terdekat), dimisalkan  $U$  dan  $V$
2. Menggabungkan objek yang sesuai dan menghasilkan *cluster* ( $UV$ )
3. Menghitung jarak *cluster* antara ( $UV$ ) dan *cluster*  $Y$  lainnya dengan menggunakan persamaan (1)

$$d_{(UV)Y} = \frac{d_{UY} + d_{VY}}{N_{(UV)}N_Y} \quad (1)$$

Keterangan:

$d_{(UV)Y}$  : jarak antara objek dalam *cluster*  $UV$  dan objek dalam *cluster*  $Y$

$d_{UY}$  : jarak antara objek dalam *cluster*  $U$  dan objek dalam *cluster*  $Y$

$N_{(UV)}$  : banyaknya objek dalam *cluster* ( $UV$ )

$N_Y$  : banyaknya objek dalam *cluster*  $Y$

### B. Uji Validitas Cluster

Uji validitas *cluster* merupakan proses dalam menilai hasil pengelompokan yang terbentuk. Uji ini juga bisa digunakan untuk memilih jumlah *cluster* yang optimal. Dalam melakukan uji ini dapat menggunakan beberapa indeks, yaitu *Silhouette Coefficient*, *Dunn*, dan *Davies Bouldin*.

#### 1. Silhouette Coefficient

Koefisien silhouette merupakan metode yang menggabungkan ukuran jarak kesamaan antar objek dalam *cluster* (*cohesion*) dan ukuran jarak antar *cluster* satu sama lain (*separation*) (Han *et al*, 2012). Koefisien silhouette dapat digunakan dalam mengukur kualitas hasil *cluster*. Nilai koefisien silhouette berada pada rentang -1 dan 1. Jika nilai koefisien silhouette semakin besar, maka semakin baik pula *cluster* yang dihasilkan. Dalam mencari nilai koefisien silhouette dapat menggunakan Persamaan (2) (Kaufman dan Rousseuw, 1990).

$$SC = \max \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s(i) \right\} \quad (2)$$

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (3)$$

Keterangan:

$SC$  : nilai silhouette coefficient

$s(i)$  : nilai silhouette dari objek ke- $i$

$a(i)$  : nilai rata-rata jarak antara objek ke- $i$  dengan semua objek dalam *cluster*

$b(i)$  : nilai rata-rata jarak antara objek ke- $i$  dengan titik *cluster* lain terdekat

$\max\{a(i), b(i)\}$  : nilai terbesar himpunan  $a(i)$  dan  $b(i)$

## 2. Dunn

Dunn *index* diperkenalkan oleh J. C. Dunn pada tahun 1973. Indeks ini menghitung nilai perbandingan terendah antara nilai fungsi ketidaksamaan *cluster* sebagai *separation* dengan nilai maksimum diameter *cluster* sebagai *compactness*. Nilai Indeks Dunn yang semakin besar dapat menandakan bahwa semakin baik pula *cluster* yang dihasilkan. Indeks Dunn dari sebuah *cluster* optimal sebanding dengan nilai  $\min D(\pi_i^* \pi_j^*)$  dan berbanding terbalik dengan nilai  $\max$  (diam  $\pi_s^*$ ). Sehingga, dapat dihitung menggunakan Persamaan (4) (Scitovski et al, 2021).

$$DN(k) = \frac{\min D(\pi_i^* \pi_j^*)}{\max (\text{diam } \pi_s^*)}, \quad 1 < k < m \quad (4)$$

$$D(\pi_i^* \pi_j^*) = \min_{a \in \pi_i^*, b \in \pi_j^*} d(a, b) \quad (5)$$

Keterangan:

$DN(k)$  : nilai indeks dunn pada *cluster* ke- $k$

$k$  : Jumlah *cluster*,  $k = 1, 2, 3, \dots$

$D(\pi_i^* \pi_j^*)$  : jarak antara pasangan *cluster*  $\pi_i^*$  dan  $\pi_j^*$

diam  $\pi_s^*$  : nilai diameter jarak antar dua titik dalam *cluster*  $\pi_s^*$

$d(a, b)$  : jarak antara objek  $a$  pada *cluster*  $\pi_i^*$  dan objek  $b$  pada *cluster*  $\pi_j^*$

## 3. Davies Bouldin

Indeks *Davies Bouldin* digunakan sebagai ukuran kualitas hasil *cluster*. Indeks ini memaksimalkan jarak antar *cluster* sekaligus meminimalkan jarak dalam *cluster*. Hasil *cluster* yang baik ditunjukkan oleh nilai *Davies Bouldin Index* yang semakin mendekati nilai 0. Sehingga dapat disimpulkan semakin rendah nilai *Davies Bouldin Index* menunjukkan hasil *cluster* yang optimal. Adapun perhitungan *Davies Bouldin Index* (DBI) dapat menggunakan Persamaan (6) (Dewi dan Pramita, 2019).

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{Y=1}^k \sum_{Z=1}^k \max_{Y \neq Z} (R_{YZ}) \quad (6)$$

$$R_{YZ} = \frac{SSW_Y + SSW_Z}{SSB_{Y,Z}} \quad (7)$$

Dimana :

$$SSW_Y = \frac{1}{m_Y} \sum_{Y=1}^{m_Y} d(x_Z, c_Y) \quad (8)$$

$$SSB_{Y,Z} = d(c_Y, c_Z) \quad (9)$$

Keterangan:

$R_{YZ}$  : Rasio antara *cluster* ke-Y dan *cluster* ke-Z

$SSW_Y$  : *Sum of square* pada *cluster* ke-Y

$SSW_Z$  : *Sum of square* pada *cluster* ke-Z

$SSB_{Y,Z}$  : *Sum of square* antara *cluster* ke-Y dan ke-Z

$d(x_Z, c_Y)$  : Jarak data ke-Z ke centroid ke-Y

$d(c_Y, c_Z)$  : Jarak centroid ke-Y ke centroid ke-Z

$m_Y, m_Z$  : Jumlah data dalam *cluster* ke-i dan ke-j

### 1.6.2 Ukuran Jarak Dynamic Time Warping

Dalam analisis *cluster*, objek-objek dikelompokkan kedalam *cluster* yang sama berdasarkan kemiripan. Mengukur kemiripan antar objek memerlukan ukuran yang biasa dinyatakan dalam jarak (*distance*) antara pasangan objek. Terdapat beberapa jarak kemiripan antara pasangan objek, seperti jarak *euclidean*, *mahalanobis*, dan sebagainya. Namun, salah satu metode yang cocok untuk menghitung jarak diantara dua data deret waktu adalah jarak *dynamic time warping* (dtw). Metode ini dipergunakan dalam mengukur kedekatan antara dua data runtun waktu dengan jumlah data yang berbeda (Dani dkk, 2019).. *Dynamic time warping* dikembangkan pertama kali untuk pengenalan suara, bertujuan untuk menyelaraskan dua urutan vektor fitur dengan memutar sumbu secara iterative hingga kecocokan optimal ditemukan.

Pada dasarnya, *dynamic time warping* adalah teknik pemrograman dinamis yang digunakan untuk menentukan jarak minimum dari semua kemungkinan jalur antara dua deret waktu menggunakan matriks. Misalkan terdapat dua deret waktu  $U = u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_m$  dan  $V = v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_n$ . Menurut Sakoe dan Chiba (1978), pada tahap awal perhitungan jarak *dynamic time warping* akan dibuat matriks berukuran  $m \times n$  yang berisi elemen  $(i, j)$  dari hasil penjumlahan selisih jarak dua deret waktu dengan nilai minimal dari ketiga elemen yang berdekatan dengan  $(i, j)$ ,  $0 < i \leq m$  dan  $0 < j \leq n$ , atau dapat dirumuskan dengan Persamaan (10)

$$e_{ij} = d_{ij} + \min \{e_{(i-1)(j-1)}, e_{(i-1)j}, e_{i(j-1)}\} \quad (10)$$

Dengan  $d_{ij} = |u_i - v_j|$  dan  $e_{ij}$  adalah elemen  $(i, j)$  dalam matriks. Matriks tersebut digunakan untuk menentukan jalur pembengkok yang optimal yaitu jalur yang memberikan jarak kumulatif yang terkecil dari semua jalur pembengkokan (*warping path*) yang mungkin pada  $(m, n)$ . Terdapat beberapa kriteria yang perlu dipenuhi (Senin,2008).

- i. Kondisi Batasan (*Boundary Condition*), yaitu titik awal dan akhir dari *warping path* harus berada di titik pertama dan titik terakhir dari urutan rangkaian data yakni  $w_1 = (1,1)$  dan  $w_k = (m, n)$ .



- ii. Kondisi Montonisitas (*Monotonicity Condition*), urutan indeks harus tetap terjaga, dimana  $m_1 \leq m_2 \leq \dots \leq m_k$  dan  $n_1 \leq n_2 \leq \dots \leq n_k$ . Kondisi ini memastikan bahwa urutan waktu dari titik-titik tetap konsisten.
- iii. Kondisi Ukuran Langkah (*Step Size Condition*), yaitu kondisi yang membatasi pergeseran waktu yang terlalu jauh pada *warping path* atau pembatasan kenaikan indeks hanya sebesar 1 unit pada setiap langkahnya. Kondisi ini memastikan urutan *warping path* diproses secara bertahap, agar tidak ada data yang terlewat saat proses. Kondisi ukuran langkah dasar diformulasikan sebagai  $w_{l+1} - w_l \in \{(1,1), (1,0), (0,1)\}$ .

Penentuan jalur optimal pada *warping path* dimulai dari elemen terakhir  $(m, n)$  yang menjadi elemen *warping path* pertama  $(w_1)$ , kemudian dilanjutkan dengan pemilihan elemen berikutnya berdasarkan nilai elemen-elemen terkecil dari indeks yang berdekatan dengan elemen saat ini  $(e_{(i-1)(j-1)}, e_{(i-1)j}, e_{i(j-1)})$ . Jarak kumulatif sepanjang *warping path* terbentuk dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (11).

$$d_p(U, V) = \sum_{l=1}^L w_l \quad (11)$$

Keterangan :

$d_p(U, V)$  : jarak *warping path* yang mungkin terbentuk antara data objek pada *cluster* ke- $U$  ke objek pada *cluster* ke- $V$

$w_l$  : elemen  $(i, j)$  ke- $l$  pada *warping path* yang terbentuk

$l$  : urutan elemen  $(i, j)$  pada *warping path* yang terbentuk

$L$  : panjang dari *warping path*

Sehingga, jarak *dynamic time warping* dari sekumpulan kemungkinan *warping path* dapat dihitung dengan persamaan (12)

$$d_{DTW}(U, V) = \min \{d_p(U, V), p \in P^{M \times N}\} \quad (12)$$

Keterangan :

$d_{DTW}(U, V)$  : jarak *dynamic time warping* antara data objek pada *cluster* ke- $U$  ke objek pada *cluster* ke- $V$

$P$  : sekumpulan *warping path* yang mungkin berukuran  $M \times N$

### 1.6.3 Portofolio

Portofolio merupakan kumpulan beberapa instrument atau aset investasi yang dirancang untuk mengurangi risiko melalui diversifikasi. Pada proses berinvestasi dalam portofolio, risiko setiap aset lebih rendah apabila aset tersebut termasuk dalam portofolio daripada jika hanyalah dipegang tunggal. Bagi investor, yang terpenting adalah total *return* dan risiko dari portofolio yang dimilikinya secara keseluruhan, bukan risiko setiap aset yang dalam portofolio tersebut (Setiawan, 2022).

Portofolio dikatakan optimal, apabila telah mencapai keseimbangan sempurna antara risiko dan *return*. Tujuan dari menciptakan portofolio yang optimal adalah untuk menyeimbangi risiko tertinggi dengan risiko yang dapat diterima atau

untuk mencocokkan jumlah *return* tertentu dengan dengan risiko terendah. Optimalisasi portofolio adalah proses dalam memilih portofolio terbaik dari beberapa kemungkinan untuk memaksimalkan proyeksi *return* sekaligus mengurangi risiko finansial. Portofolio yang efisien memiliki ciri utama yaitu *expected return* investasi, yang dimana mencerminkan jumlah risiko yang ingin diambil oleh investor sebagai *return*. Dalam memilih portofolio, seorang investor berusaha untuk memaksimalkan *expected return* investasi mempertimbangkan toleransi risikonya (Darmawan, 2022).

### A. Return

*Return* merupakan imbalan atas ketidakpastian dan risiko yang dihadapi oleh seorang investor, serta merupakan hasil dari komitmen waktu dan dana yang telah diinvestasikan. Perhitungan *return* suatu saham pada waktu tertentu dapat menggunakan Persamaan (13)

$$R_{i(t)} = \frac{P_{i(t)} - P_{i(t-1)}}{P_{i(t-1)}} \quad (13)$$

Keterangan:

$R_{i(t)}$  : *return* dari emiten saham  $i$  pada periode  $t$

$P_{i(t)}$  : harga penutupan emiten saham  $i$  pada periode  $t$

$P_{i(t-1)}$  : harga penutupan emiten saham  $i$  sebelum periode  $t$

*Return* yang diharapkan (*expected return*) dari suatu saham dapat dihitung dengan mengambil rata-rata dari berbagai *return* historis.

$$E(R_i) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{i(t)} \quad (14)$$

Keterangan:

$E(R_i)$  : *expected return* dari emiten saham  $i$

$T$  : banyaknya periode waktu

$t$  : periode waktu,  $t = 0,1,2,3,\dots$

$i$  : kode perusahaan emiten saham

*Return* yang diharapkan dari sebuah portofolio bisa dihitung dengan cara mengambil rata-rata tertimbang dari *return* yang diharapkan untuk setiap aset berada dalam portofolio (Desiyanti, 2017). *Expected return* portofolio atas  $n$  aset bisa dihitung dengan menggunakan Persamaan (15)

$$E(R_{pa}) = \alpha_{pa} + \beta_{pa} \cdot E(R_M) \quad (15)$$

$$\alpha_{pa} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \alpha_i \quad (16)$$

$$\beta_{pa} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \beta_i \quad (17)$$

Keterangan:

$E(R_{pa})$  : *expected return* dari portofolio  $a$

$\alpha_{pa}$  : nilai ekspektasi dari *return* portofolio  $a$  terhadap *return* pasar

- $\beta_{pa}$  : koefisien yang mengukur perubahan  $R_{pa}$  akibat perubahan  $R_M$   
 $a$  : kode portofolio yang terbetuk  
 $E(R_M)$  : *expected return* dari indeks pasar  
 $w_i$  : bobot emiten saham  $i$  yang berada dalam portofolio  
 $n$  : jumlah emiten saham yang ada dalam portofolio

## B. Risiko

Risiko portofolio adalah ukuran variabilitas total *return* portofolio yang dapat menunjukkan ketidakpastian pencapaian *return* yang diharapkan dalam portofolio. Risiko portofolio dapat diperoleh dengan menghitung standar deviasi dari total *return* setiap saham yang berada dalam portofolio. Perhitungan risiko portofolio dapat menggunakan Persamaan (18).

$$\sigma_{pa}^2 = \beta_{pa}^2 \cdot \sigma_M^2 + \left( \sum_{i=1}^n w_i \cdot \sigma_{ei} \right)^2 \quad (18)$$

Keterangan:

- $\sigma_{pa}$  : risiko dari portofolio  $a$   
 $\sigma_M$  : risiko dari indeks pasar  
 $w_i$  : bobot emiten saham  $i$  yang berada dalam portofolio  
 $\sigma_{ei}$  : risiko dari residual *return* emiten saham  $i$

Perhitungan risiko dari emiten saham individual ( $\sigma_i^2$ ) bisa dihitung dengan menggunakan Persamaan (19) berikut.

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (R_{i(t)} - E(R_i))^2}{T} \quad (19)$$

### 1.6.4 Single Index Model

*Single Index Model* (SIM) atau dikenal juga sebagai model indeks tunggal merupakan metode analisis untuk memahami hubungan antara *return* portofolio dan *return* pasar. Metode ini didasarkan pada pengamatan bahwa harga suatu saham cenderung bergerak sejalan dengan indeks harga pasar dan dimodelkan dengan menggunakan Persamaan (20) berikut.

$$R_{i(t)} = \alpha_i + \beta_i \cdot R_{M(t)} + e_{i(t)} \quad (20)$$

Keterangan:

- $R_{i(t)}$  : *return* dari saham  $i$  pada periode waktu  $t$   
 $\alpha_i$  : nilai ekspektasi dari *return* saham  $i$  terhadap *return* pasar  
 $\beta_i$  : koefisien yang mengukur perubahan  $R_i$  akibat dari perubahan  $R_M$   
 $R_{M(t)}$  : *return* dari indeks harga pasar pada waktu  $t$   
 $e_{i(t)}$  : residual *return* saham  $i$  pada waktu  $t$  yang merupakan variabel acak  
 $i$  : kode perusahaan emiten saham  
 $t$  : periode waktu,  $t = 0,1,2,3,\dots$

Single Index Model dapat dijelaskan melalui konsep regresi linear sederhana dalam menjelaskan hubungan antara variabel dependen (*return* emiten saham) dan

variabel independen (return pasar). Jika diperhatikan Persamaan (20) seperti model regresi linear sederhana pada Persamaan (21).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (21)$$

Keterangan:

$Y$  : variabel terikat

$\beta_0, \beta_1$  : parameter regresi

$X$  : variabel bebas

$\varepsilon$  : residual (*error*)

Dimana  $Y$  merupakan *return* dari saham ( $R_i$ ),  $X$  merupakan *return* indeks pasar ( $R_M$ ),  $\beta_0$  merupakan nilai ekspektasi dari *return* suatu saham terhadap *return* indeks pasar ( $\alpha_i$ ),  $\beta_1$  merupakan koefisien yang mengukur seberapa besar perubahan *return* suatu saham dipengaruhi oleh perubahan *return* indeks pasar ( $\beta_i$ ), dan  $\varepsilon$  adalah residual *return* saham ( $e_i$ ). Dengan demikian, terlihat bahwa nilai  $R_{i(t)}$  dipengaruhi oleh  $R_{M(t)}$  dan  $\alpha_i$ .

Adapun asumsi yang perlu dipenuhi dalam penerapan *Single Index Model*, yaitu residual *return* saham berdistribusi normal, residual antar saham tidak memiliki korelasi linear, dan residual setiap saham tidak memiliki korelasi linear dengan *return* indeks harga pasar (Hartono, 2017).

### A. Uji Shapiro-Wilk

Dalam mendeteksi suatu data berdistribusi normal, diperlukan uji normalitas. Salah satu uji normalitas yang dapat digunakan adalah uji shapiro-wilk. Pada saat sampel berjumlah 10 hingga 70 sampel, uji shapiro-wilk memiliki tingkat konsistensi yang tinggi (Oktaviani dan Notobroto, 2014). Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

$H_0$  = residual *return* berdistribusi normal

$H_1$  = residual *return* tidak berdistribusi normal

Dengan tingkat signifikansi  $\alpha$ , statistik uji dapat dilihat pada Persamaan (22) (Nasrum, 2018).

$$W = \frac{b^2}{d^2} \quad (22)$$

$$b = \sum_{i=1}^m a_i (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) \quad (23)$$

$$d = \left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \right)^2 \quad (24)$$

Keterangan:

$x_{(1)} < x_{(2)} < \dots < x_{(n)}$  merupakan data sampel acak yang terurut dari yang terkecil

$x_{(i)}$  : nilai data sampel  $i$  dari data sampel terurut

$a_i$  : koefisien tes shapiro wilk

$m = \frac{n}{2}$  untuk  $n$  genap dan  $m = \frac{n-1}{2}$  untuk  $n$  ganjil

Kriteria pengujianya yaitu  $H_0$  ditolak jika  $W < W(\alpha)$  atau  $p - value < \alpha$ , dimana  $W(\alpha)$  merupakan nilai kritis yang diperoleh dari tabel shapiro wilk. Pada asumsi

*Single Index Model*, jika terdapat variabel yang tidak memenuhi asumsi normalitas, maka dilakukan penanganan yaitu melakukan penghapusan variabel.

## B. Uji Korelasi

Pengujian ada tidaknya hubungan atau korelasi antar variabel dapat menggunakan uji signifikan koefisien korelasi. Pengujian ini dilakukan menggunakan uji-t dan perhitungan koefisien korelasi ( $r$ ). Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

$H_0 = \rho = 0$  (tidak terdapat korelasi antar residual variabel)

$H_1 = \rho \neq 0$  (terdapat korelasi antar residual variabel)

Dengan tingkat signifikansi  $\alpha$ , statistik uji dapat dilihat pada Persamaan (25)

$$t_0 = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (25)$$

$$r = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_i^2\sigma_j^2}} \quad (26)$$

Keterangan:

$n$  : banyaknya data pengamatan

$\sigma_{ij}$  : kovarian dari variabel  $i$  dan variabel  $j$

$\sigma_i^2$  : varians dari variabel  $i$

$\sigma_j^2$  : varians dari variabel  $j$

Kriteria pengujiannya yaitu  $H_0$  ditolak jika  $|t_0| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ . Ketika diperoleh nilai  $|t_0| < t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ , diambil keputusan untuk menerima  $H_0$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi antar variabel. Pada asumsi *Single Index Model*, jika terdapat variabel yang tidak memenuhi asumsi korelasi, maka dilakukan penanganan yaitu melakukan penghapusan variabel.

Beta merupakan ukuran volatilitas yang mengukur hubungan antara *return* suatu emiten saham dengan *return* pasar atau merupakan koefisien yang menunjukkan fluktuasi *return* saham terhadap *return* pasar. Volatilitas ini diukur dengan menggunakan kovarian, sehingga kovarian antara *return* saham dan *return* pasar sebesar  $\sigma_{iM}$ . Beta dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (27)

$$\beta_i = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2} \quad (27)$$

$$\sigma_{iM} = \frac{\sum_{t=1}^T (R_{i(t)} - E(R_{i(t)})) (R_{M(t)} - E(R_{M(t)}))}{T} \quad (28)$$

Dalam *Single Index Model*, nilai ekspektasi dari *return* saham  $i$  terhadap *return* pasar ( $\alpha_i$ ) bisa dihitung dengan mensubstitusi nilai  $\beta_i$  dengan menggunakan Persamaan (29)

$$\alpha_i = E(R_i) - \beta_i \cdot E(R_M) \quad (29)$$

*Single Index Model* bertujuan untuk mempermudah perhitungan dalam membentuk portofolio optimal. Dalam menggunakan model ini, perhitungan untuk penentuan portofolio optimal dapat disederhanakan dengan menggunakan sebuah angka yang menunjukkan apakah suatu saham termasuk dalam portofolio optimal.

Angka ini adalah rasio antara *excess return* dan Beta (*excess return to beta ratio*) yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (30)

$$ERB_i = \frac{E(R_i) - R_{BR}}{\beta_i} \quad (30)$$

Keterangan:

$ERB_i$  : *excess return to beta* pada saham  $i$

$E(R_i)$  : *return* yang diharapkan untuk saham  $i$

$R_{BR}$  : rata-rata tingkat *return* bebas risiko selama periode pengamatan

$\beta_i$  : beta saham  $i$

Portofolio optimal terdiri dari aset-aset yang memiliki rasio *ERB* (*excess return to beta*) yang tinggi. Sementara itu, aset-aset dengan *ERB* yang rendah berpotensi tidak dimasukkan ke portofolio optimal (Hartono, 2017). Sehingga, diperlukan titik pembatas atau *cut-off-point* ( $C^*$ ) yang menentukan batas nilai *ERB* yang dianggap tinggi. Adapun, langkah-langkah dalam menentukan besarnya titik pembatas sebagai berikut (Wulandari dkk, 2018).

1. Mengurutkan saham berdasarkan nilai *ERB* dari yang terbesar hingga terkecil, maka saham dengan nilai *ERB* tertinggi dianggap portofolio optimal.
2. Menghitung nilai  $A_i$  dan  $B_i$  untuk setiap saham menggunakan Persamaan (32) dan Persamaan (33)

$$\sigma_{ei}^2 = \sigma_i^2 - (\sigma_m^2 \cdot (\alpha_i)^2) \quad (31)$$

$$A_i = \frac{[E(R_i) - R_{BR}] \cdot \beta_i}{\sigma_{ei}^2} \quad (32)$$

$$B_i = \frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2} \quad (33)$$

3. Menghitung nilai  $C_i$  yang diperoleh dari hasil pembagian antara varian indeks pasar dan *return* terhadap varian *error* saham, serta varian indeks pasar dan sensitivitas saham individual terhadap varian *error* saham. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan Persamaan (34)

$$C_i = \frac{\sigma_M^2 \sum_{j=1}^i A_j}{1 + \sigma_M^2 \sum_{j=1}^i B_j} \quad (34)$$

4. Menentukan nilai *cut-off-point* ( $C^*$ ) yang merupakan nilai tertinggi dari nilai  $C_i$  saham.
5. Saham-saham yang akan membentuk portofolio optimal adalah saham yang memiliki nilai *ERB* yang sama atau lebih tinggi dari  $C^*$ . Saham-saham dengan nilai *ERB* yang lebih rendah dari  $C^*$  tidak dimasukkan kedalam portofolio optimal.
6. Menentukan bobot saham pembentuk portofolio optimal, proporsi masing-masing saham terpilih dapat dihitung menggunakan Persamaan (35)

$$w_i = \frac{z_i}{\sum_{g=1}^h z_g} \quad (35)$$

$$z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{ei}^2} (ERB_i - C^*) \quad (36)$$

Keterangan:

$g$  : kode saham optimal yang berada dalam portofolio yang terbentuk

$h$  : jumlah saham optimal pada portofolio yang terbentuk

### 1.6.5 Indeks Sharpe

Indeks sharpe atau *reward-to-variability ratio* dikembangkan oleh William Sharpe yang merupakan suatu ukuran untuk mengukur efisiensi risiko sebuah portofolio dengan membandingkan premi risiko portofolio terhadap standar devisinya. Indeks ini menggunakan konsep garis pasar modal (*capital market line*) sebagai acuan dan menghitung premi risiko portofolio per satuan risiko. Dengan demikian, indeks sharpe dapat digunakan dalam mengevaluasi kinerja portofolio relatif terhadap risiko yang ditanggung dalam portofolio tersebut. Perhitungan sharpe ratio ( $S_p$ ) dapat menggunakan Persamaan (37)

$$S_p = \frac{E(R_p) - R_{BR}}{\sigma_p} \quad (37)$$

Dalam mengukur kinerja beberapa portofolio, indeks sharpe dapat digunakan dalam menentukan peringkatnya. Suatu portofolio dengan nilai *sharpe ratio* yang lebih tinggi dianggap memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan portofolio lainnya (Handini dan Astawinetu, 2020).

Dalam pemilihan saham optimal dalam setiap *cluster* dinilai dengan menggunakan *sharpe ratio* dengan menggunakan Persamaan (38) berikut.

$$S_p = \frac{\mu_i - R_{BR}}{\sigma_i} \quad (38)$$

### 1.6.6 Indeks IDX30

Indeks IDX30 dapat dijadikan sebagai patokan kinerja 30 saham yang memiliki likuiditas tinggi dan kapitalisasi pasar terbesar di Bursa Efek Indonesia (BEI). Pemilihan saham-saham dalam indeks ini dilakukan setiap enam bulan sekali berdasarkan rata-rata kapitalisasi pasar selama setahun sebelumnya. Indeks ini dirancang untuk memberikan gambaran yang akurat dan objektif mengenai pergerakan harga saham-saham yang paling aktif diperdagangkan.



## BAB II METODEOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder mengenai harga penutupan harga saham berdasarkan periode bulanan yang berada di Bursa Efek Indonesia (BEI) dan data historis tingkat *return* bebas risiko (BI-Rate). Data saham yang akan diamati merupakan bagian dari indeks IDX30 dengan periode Februari 2020 sampai dengan Maret 2024. Emiten saham yang dijadikan sebagai pengamatan adalah emiten saham yang menetap dalam IDX30 selama periode pengamatan dan berjumlah total 16 emiten saham. Data ini bersumber dari laman resmi Yahoo Finance dan Bank Indonesia yaitu *www.finance.yahoo.com* dan *bi.go.id*. Adapun data saham dan tingkat *return* bebas risiko (BI-Rate) yang digunakan terlampir pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

### 2.2 Deskripsi Variabel

Data yang digunakan memiliki sebanyak 17 variabel yang terlampir pada Lampiran 3. Beberapa variabel diantaranya tertera pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Deskripsi Variabel Data Penelitian

No.	Kode	Deskripsi
1	IDX-30	Indeks IDX-30
2	ADRO	Adaro Energy Indonesia
3	ANTM	Aneka Tambang Tbk
4	ASII	Astra International Tbk
5	BBCA	Bank Central Asia Tbk
6	BBNI	Bank Negara Indonesia Tbk
⋮	⋮	⋮
15	TLKM	Telkom Indonesia Tbk
16	UNTR	United Tractors Tbk
17	UNVR	Unilever Indonesia Tbk

### 2.3 Metode Analisis

Dalam penelitian ini dilakukan pembentukan portofolio dengan menggunakan *Single Index Model* dan pembentukan portofolio dengan menggunakan *Single Index Model* berdasarkan pengelompokan menggunakan metode *average linkage*. Berikut tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini.

1. Mengumpulkan data yang akan digunakan.
2. Menghitung *return* bulanan dari setiap emiten saham dan indeks pasar dengan menggunakan Persamaan (13).

3. Menghitung *expected return* dan varians dari setiap variabel, serta kovarian antara saham dan indeks pasar dengan menggunakan Persamaan (14), Persamaan (19) dan Persamaan (29).
4. Menghitung Beta ( $\beta_i$ ) dan Alpha ( $\alpha_i$ ) pada setiap saham dengan menggunakan Persamaan (27) dan Persamaan (28)
5. Melakukan pengujian asumsi *Single Index Model*.
6. Melakukan pembentukkan portofolio optimal menggunakan *Single Index Model*.
  - a. Menghitung tingkat *return* bebas risiko yang dikonfersi ke bulanan.
  - b. Portofolio optimal dengan menggunakan *Single Index Model* tanpa *cluster*
    - i. Menghitung *Excess Return to Beta* (ERB) menggunakan Persamaan (30) dan mengurutkan dari ERB terbesar ke terkecil.
    - ii. Menghitung nilai  $A_i$  dan  $B_i$  dengan menggunakan Persamaan (32) dan Persamaan (33).
    - iii. Menentukan *cut off Candiddate* ( $C_i$ ) dan *Cut off Point* ( $C^*$ ).
    - iv. Pemilihan saham yang masuk portofolio.
    - v. Membentuk portofolio optimal.
    - vi. Melakukan perhitungan nilai *expected return* dan risiko portofolio.
  - c. Portofolio optimal dengan menggunakan *Single Index Model* dan menerapkan analisis *cluster* metode *Average Linkage*
    - i. Menghitung jarak antar objek dengan menggunakan jarak *dynamic time warping* melalui Persamaan (12)
    - ii. Menentukan objek data yang memiliki jarak terdekat pada matriks jarak misalkan  $U$  dan  $Y$ .
    - iii. Menggabungkan objek-objek data yang sesuai, kemudian membentuk *cluster* ( $UY$ ).
    - iv. Mencari jarak terkecil antara *cluster* ( $UY$ ) dengan objek data lainnya dengan menggunakan persamaan (1).
    - v. Melakukan perhitungan ulang pada matriks jarak dengan mengeliminasi baris dan kolom yang sesuai dengan *cluster*  $U$  dan  $Y$ , serta menambahkan baris dan kolom yang mencakup jarak antara *cluster* ( $UY$ ) dengan *cluster-cluster* yang tersisa. Matriks jarak yang baru diberi nama  $D2$ .
    - vi. Mengulangi langkah (ii) sampai langkah (iv) hingga bergabung menjadi *cluster*.
    - vii. Evaluasi jumlah *cluster* yang tepat pada hasil analisis menggunakan *silhouette coefficient*, *dunn index*, dan *davies bouldin index*.
    - viii. Membentuk pembobot portofolio optimal menggunakan *Single Index Model* berdasarkan  $k$  *cluster average linkage*.
    - ix. Melakukan perhitungan nilai *expected return* dan risiko portofolio.
7. Membandingkan hasil kinerja setiap portofolio yang terbentuk dengan mencari nilai *sharpe ratio*.
8. Menginterpretasi hasil analisis *cluster* terbaik dalam pembentukkan portofolio optimal.