

Utilizing K-Means Clustering for Constructing Black-Litterman Portfolio Models

Penerapan K-Means Cluster untuk Pembentukan Portofolio Model Black-Litterman

Fitri Amanah¹, Fauziah Roshafara², Puri Indah Lestari³, Salwa Salsabila⁴,
Renita Maharani⁵

^{1,2,3,4,5*} Program Studi Statistika, Universitas Islam Bandung

Email: fitriamanah@unisba.ac.id¹, fauziahroshafara@unisba.ac.id²,
puriindahlestari@unisba.ac.id³, salwasalsabila764@gmail.com⁴, renita.maharani87@gmail.com⁵

Received: 19 March 2024, revised: 21 April 2024, accepted: 22 April 2024

Abstract

A portfolio in finance is a collection of investment assets that aims to reduce risk by spreading investment across various assets. In building a portfolio, cluster analysis is used to select assets. K-Means cluster is often used because it is considered efficient for handling large data. In addition, the Black-Litterman Model is used because it can combine investor knowledge into asset allocation efficiently, so that the portfolio becomes more diverse, stable and adaptive to economic conditions, and reflects the investment manager's views. The research results show that k-means cluster analysis can be applied in forming the Black-Litterman model portfolio. Two clusters were obtained, namely cluster I consisting of ADRO, AKRA, BRMS, MIKA, TLKM, UNVR shares, and cluster II consisting of INDF, INKP, SMGR, UNTR. The two clusters were then formed into portfolios I and II. The calculation of expected return and portfolio risk shows that portfolio II produces profits (expected return portfolio) that are greater than portfolio I, namely 0.04445 or IDR 4.445.344,00, and the risk level of portfolio II is also smaller than portfolio I, namely 0.02104 or IDR 2.104.400,00.

Keywords: Black-Litterman, Investment, K-Means, Portfolio.

Abstrak

Portofolio dalam keuangan merupakan kumpulan aset investasi yang bertujuan untuk mengurangi risiko dengan menyebarkan investasi di berbagai aset. Dalam membangun portofolio, analisis klaster digunakan untuk memilih aset-aset. K-Means *cluster* sering digunakan karena dianggap efisien untuk menangani data besar. Selain itu, Model Black-Litterman digunakan karena dapat menggabungkan pengetahuan investor ke dalam alokasi aset dengan efisien, sehingga portofolio menjadi lebih beragam, stabil, dan adaptif terhadap kondisi



JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Fitri Amanah, Fauziah Roshafara, Puri Indah Lestari, Salwa Salsabila,
Renita Maharani

ekonomi, serta mencerminkan pandangan manajer investasi. Hasil penelitian menunjukkan analisis *cluster* k-means dapat diterapkan dalam pembentukan portofolio model Black-Litterman. Diperoleh 2 *cluster* yaitu *cluster* I terdiri dari saham ADRO, AKRA, BRMS, MIKA, TLKM, UNVR, dan *cluster* II terdiri dari INDF, INKP, SMGR, UNTR. Kedua *cluster* kemudian dibentuk menjadi portofolio I dan II. Perhitungan *expected return* dan risiko portofolio menunjukkan portofolio II menghasilkan keuntungan (*expected return* portofolio) lebih besar dibandingkan dengan portofolio I yaitu 0.04445 atau Rp 4.445.344,00, serta tingkat risiko portofolio II juga lebih kecil dibandingkan dengan portofolio I yaitu 0.02104 atau Rp 2.104.400,00.

Kata kunci: Black-Litterman, Investasi, K-Means, Portofolio.

1. PENDAHULUAN

Portofolio adalah salah satu pemodelan matematika di bidang keuangan yang terdiri dari beberapa aset investasi. Aset yang berbeda dalam investasi bertujuan untuk mengimbangi kerugian pada satu aset dengan keuntungan pada aset lain, sehingga kerugian yang dialami oleh investor tidak terlalu besar [16]. Seorang investor tentunya berharap mendapat keuntungan (*return*) maksimal atau risiko minimal. Salah satu strategi efektif untuk mengurangi risiko dan meningkatkan kinerja portofolio adalah dengan cara melakukan investasi pada lebih dari satu jenis saham atau yang disebut dengan diversifikasi aset.

Portofolio terbaik adalah portofolio yang terdiversifikasi dengan baik, karena diversifikasi dapat mengurangi risiko jika dilakukan dengan tepat. Diversifikasi bisa dilakukan dengan memilih saham dari sektor yang berbeda, dengan asumsi keuntungan yang serupa. Salah satu metode untuk memilih aset dalam membangun portofolio adalah analisis *cluster*. Analisis *cluster* digunakan untuk mengelompokan aset dengan karakteristik serupa ke dalam *cluster* yang sama. K-Means merupakan salah satu metode *cluster* yang sering digunakan untuk pengelompokan saham, karena K-Means *cluster* lebih efisien untuk menangani data besar dibandingkan dengan metode *cluster* lainnya [4]. Adapun penelitian terkait analisis *cluster* untuk pembentukan portofolio diantaranya penelitian Baiti dan Prasetya yaitu analisis *non-hierarchical clustering* dan *Lagrange Multiplier* pada portofolio *mean-variance* [3], penelitian Haqiqi dan Tohid menerapkan pendekatan *ant colony* [6], dan penelitian Kheyrikhah dkk yang menerapkan *fuzzy c-means cluster* untuk membentuk portofolio [10].

Model portofolio yang pertama kali dikenalkan adalah model yang menggunakan pendekatan *mean* dan *varians* pada tahun 1950-an oleh Hary Markowitz. Model portofolio Black-Litterman (BL) dikenalkan oleh Robert Litterman dan Fisher Black pada tahun 90-an. Model Black-Litterman mengkombinasikan *expected return* model CAPM dengan pandangan (*view*) investor untuk menentukan *expected return* berdasarkan keyakinan yang dimiliki investor terhadap suatu saham. Keunggulan model Black-Litterman yaitu membuat integrasi pengetahuan investor ke dalam alokasi aset menjadi efisien [12]. Akibatnya, portofolio menjadi lebih diversifikasi, stabil, lebih adaptif terhadap kondisi ekonomi, dan mencerminkan pandangan dari manajer investasi. Penelitian yang berkaitan dengan Model Black-Litterman yaitu penelitian Walters yang menguraikan Model Black-Litterman menggunakan metode Bayes [18], Subekti yang menjelaskan risiko dalam portofolio Model Black-Litterman menggunakan pendekatan *value at risk* [15], dan penelitian Amanah tentang pengukuran risiko portofolio Black-Litterman menggunakan *tracking error* dan *sharpe ratio* [1][2].

Saham syariah di Indonesia semakin diminati oleh investor. Jakarta Islamic Index (JII) diluncurkan pada 3 Juli 2000 menjadi saham syariah pertama di pasar modal Indonesia. JII memiliki konstituen yang cukup terbatas, yaitu hanya terdiri dari 30 saham syariah yang paling likuid dan tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan

saham syariah yang terdaftar dalam JII sebagai objek penelitian. Secara umum tujuan penelitian adalah untuk membentuk portofolio model black-litterman yang optimum dengan cara melakukan diversifikasi saham yaitu mengelompokkan saham-saham syariah Jakarta Islamic Index (JII) menggunakan analisis *cluster* dengan metode K-Means.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Cluster

Secara umum analisis *cluster* memiliki beberapa asumsi yang harus dipenuhi, yaitu:

a) Asumsi kesesuaian data

Sampel dikatakan cukup mewakili populasi yang ada (*representative*) jika *Kaiser Meyer Olkin (KMO)* ≥ 0.5 [13]. KMO adalah indeks perbandingan nilai koefisien korelasi terhadap korelasi parsial .

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_{ij}^2} \quad (2.1)$$

dengan $a_{ij} = \frac{-r_{ij}}{\sqrt{r_{ij} \cdot r_{ij}}}$, padahal banyaknya variabel, r_{ij} adalah koefisien korelasi antara variabel i dan j , a_{ij} adalah koefisien korelasi parsial antara variabel i dan j

Jika nilai $KMO < 0.5$, maka sampel tidak mewakili populasi sehingga perlu ditambah dengan variabel baru [19].

b) Asumsi saling bebas

Analisis korelasi digunakan untuk menguji apakah variabel yang digunakan saling berhubungan melalui nilai yang disebut koefisien korelasi (r). Nilai r mempunyai selang antara 1 hingga -1.

Pengujian menggunakan hipotesis berikut ini:

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

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

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2.2)$$

dengan

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (2.3)$$

Kriteria pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

- Jika $t_{hitung} \leq t_{\frac{\alpha}{2}(n-1)}$ atau nilai $p - value \geq \alpha$ maka H_0 diterima.
- Jika $t_{hitung} > t_{\frac{\alpha}{2}(n-1)}$ atau nilai $p - value < \alpha$ maka H_0 ditolak [17].

Apabila terjadi multikolinearitas, maka dapat diatasi menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*. Prinsip utama *PCA* adalah mereduksi dimensi dari variabel-variabel yang berkorelasi. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi antar variabel bebas melalui transformasi variabel bebas baru yang tidak berkorelasi sama sekali atau sering disebut dengan *principal component* [14]. Banyaknya variabel baru yang akan digunakan dilihat berdasarkan persentase kontribusi kumulatif dari kumulatif nilai *eigen* yang telah diurutkan dari nilai yang terbesar. Persentase kontribusi kumulatif sampai komponen ke- j dihitung dengan persamaan :

$$P_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^j \lambda_i}{\sum_{i=1}^D \lambda_i} \times 100\% \quad (2.4)$$

dengan P_{kj} adalah persentase kontribusi kumulatif nilai *eigen* dari komponen k sampai komponen ke- j , λ adalah nilai *eigen*, dengan $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_D > 0$.

2.2 K-Means Cluster

K-Means clustering merupakan salah satu algoritma pembelajaran mesin tanpa pengawasan yang paling sederhana dan banyak digunakan. K-Means memiliki tujuan untuk mengelompokkan titik data yang mirip atau serupa dan menemukan pola yang mendasarinya. Dalam pengelompokan titik data yang serupa, K-Means menggunakan jumlah target *cluster* yang tepat dalam sekumpulan data, dimana mengacu pada jumlah *centroid* yang diperlukan dalam sekumpulan data. Algoritma bekerja dengan mempartisi observasi menjadi *cluster* berdasarkan *mean* terdekat, menciptakan sel Voronoi di ruang data. Dengan meminimalkan varians dalam *cluster*, pengelompokan K-Means secara efisien menyatu ke optimal lokal menggunakan algoritma *heuristic*.

Berikut algoritma atau langkah-langkah metode K-Means [11]:

1. Inisialisasi ;
2. Ulangi langkah 3-4;
3. Tentukan setiap titik data ke pusat klaster terdekatnya $z_i = \arg \arg \|x_i - \mu_k\|_2^2$;
4. Perbarui setiap pusat klaster dengan menghitung rata-rata dari semua titik yang ditugaskan padanya $\mu_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i:z_i=k} x_i$;
5. Hingga konvergen.

dengan μ_k adalah banyaknya pusat *cluster* yang dibentuk, z_i adalah *cluster* terdekat untuk setiap titik data ke- i yang merupakan indeks *cluster* yang ditugaskan untuk titik data ke- i berdasarkan jarak terdekat data dengan pusat *cluster*, x_i merupakan titik atau koordinat data ke- i , dan N_k adalah jumlah titik data yang berdekatan ke *cluster* ke- k yang digunakan untuk menentukan nilai rata-rata baru.

2.3 Portofolio Model Black-Litterman

Portofolio Black-Litterman adalah model portofolio yang menggabungkan *return* ekuilibrium CAPM dan ekspektasi *return* sebagai titik acuan pembentukan model Black-Litterman [7]. Model Black-Litterman memungkinkan investor untuk memiliki dua jenis pandangan (*view*), yaitu pandangan pasti (*absolute view*) dan pandangan relatif (*relative view*) [8].

- a. Pandangan pasti (*absolute view*)

Absolute view terjadi ketika investor memberikan prediksi tentang besarnya *return* yang akan dihasilkan suatu saham dengan yakin atau pasti.

Contoh : “Saya memperkirakan *return* saham A akan naik sebesar 5%”

- b. Pandangan relatif (*relative view*)

Relative view terjadi ketika investor membandingkan *return* dari dua saham atau lebih, kemudian memberikan pandangan tentang perbandingan tersebut.

Contoh : “Saya memperkirakan *return* saham A akan melampaui saham B sebesar 5%”

Persamaan expected *return* Black-Litterman (μ_{BL}) adalah sebagai berikut:

$$E(R_{BL}) = \mu_{BL} = \pi + \tau \Sigma P' (\Omega + P' \tau \Sigma P)^{-1} (q - P\pi) \quad (2.5)$$

dengan π adalah vektor $k \times 1$ *return* ekuilibrium CAPM, τ adalah tingkat keyakinan investor (0 - 1), Σ adalah matriks varian kovarian *return*, Ω adalah matriks diagonal kovarians *view*, P adalah matriks $k \times n$ *views* investor, dan q adalah vektor $k \times 1$ nilai prediksi *view* investor.

Persamaan bobot Black-Litterman (W_{BL}) adalah sebagai berikut:

$$W_{BL} = (\delta \Sigma)^{-1} \mu_{BL} \quad (2.6)$$

dengan δ adalah koefisien *risk aversion*, Σ adalah matriks varian kovarian *return*, dan μ_{BL} adalah *expected return* Black-Litterman.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Fitri Amanah, Fauziah Roshafara, Puri Indah Lestari, Salwa Salsabila,
Renita Maharani

Selanjutnya *expected return* (μ_{BL}) dan bobot (W_{BL}) digunakan untuk menghitung *return* portofolio (R_p) yaitu sebagai berikut:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n W_i E(R_i) \quad (2.7)$$

Salah satu metrik risiko adalah varians atau deviasi standar dari nilai *return* saham. Persamaan risiko portofolio (σ_p) adalah sebagai berikut [9]:

$$\begin{aligned} \text{Var}(R_p) &= \sigma_p^2 = W' \Sigma W \\ \sigma_p &= \sqrt{\sigma_p^2} = \sqrt{W' \Sigma W} \end{aligned} \quad (2.8)$$

dengan Σ adalah matriks varian kovarian *return* dan W adalah matriks bobot sekuritas.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data harga penutupan saham (*closing price*) mingguan dari 30 saham syariah yang terdaftar pada indeks Jakarta Islamic Index (JII). Periode penelitian yaitu 1 Desember 2022 hingga 31 Desember 2023. Setelah ditelusuri daftar saham yang berisikan pada kedua periode tersebut sejumlah 23 saham. Saham inilah yang digunakan dalam proses penelitian. Tingkat suku bunga berdasarkan SBI Bank Indonesia 6% pada tahun 2023.

Sedangkan pembentukan cluster menggunakan variabel berikut ini:

X_1 : Harga penutupan saham bulan Juli 2023, X_2 : Harga penutupan saham bulan Agustus 2023

X_3 : Harga penutupan saham bulan September 2023, X_4 : Harga penutupan saham bulan Oktober 2023

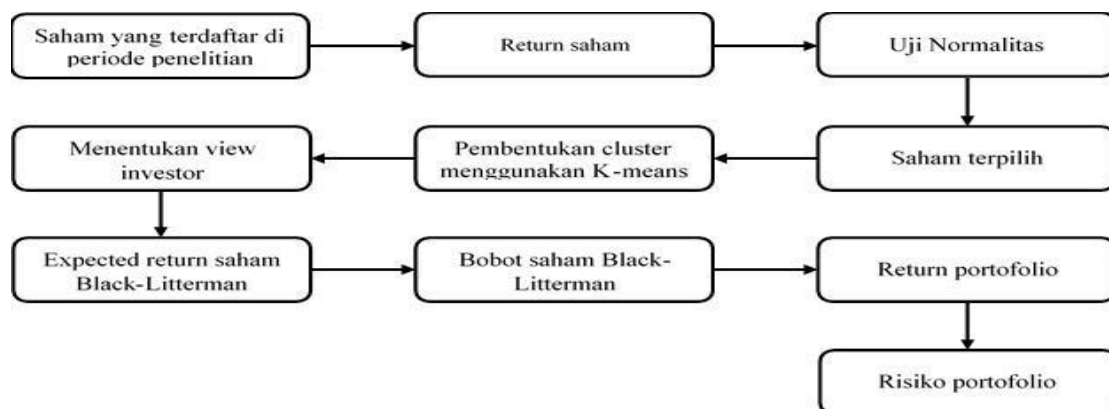
X_5 : Harga penutupan saham bulan November 2023, X_6 : Harga penutupan saham bulan Desember 2023

X_7 : Volume saham yang beredar bulan September 2023, X_8 : Volume saham yang beredar bulan Oktober 2023

X_9 : Volume saham yang beredar bulan November 2023, X_{10} : Volume saham yang beredar bulan Desember 2023

3.2 Diagram Alir Penelitian

Secara umum alur penelitian ini digambarkan dalam diagram alir berikut ini:



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Saham syariah yang terdaftar pada Jakarta Islamic Index (JII) selama periode penelitian adalah 23 saham. Saham tersebut kemudian dihitung nilai *return* saham dengan cara harga saham hari ke- t dikurangi harga saham hari ke- $t - 1$, kemudian dibagi harga saham hari ke- $t - 1$. Data *return* saham yang diperoleh kemudian dilakukan uji normalitas, karena portofolio Black-Litterman mensyaratkan data berdistribusi normal. Hasil perhitungan menunjukkan terdapat 10 saham yang berdistribusi normal yaitu ADRO, AKRA, BRMS, MIKA, TLKM, UNVR, INDF, INKP, SMGR, dan UNTR. Sepuluh saham ini yang kemudian dilanjutkan dalam proses penelitian, yaitu dikelompokkan menggunakan analisis *cluster* K-Means. Pada penelitian ini harga penutupan dan banyaknya volume saham yang beredar dijadikan dasar dalam pembentukan *cluster*. Hal berbeda dilakukan oleh Baiti dan Prasetya [3] yang menggunakan *market capitalization* sebagai karakteristik dalam pembentukan *cluster*.

Sebelum melakukan analisis *cluster* perlu dilakukan uji asumsi terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk memberikan kepastian bahwa hasil analisis yang dihasilkan tidak bias sehingga bisa digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam melakukan suatu kebijakan tertentu. Adapun asumsi analisis *cluster* yang perlu diselidiki yaitu:

- a) Asumsi kesesuaian data

Tabel 4.1. Hasil Nilai KMO

Uji Kaiser Meyer Olkin (KMO)	Nilai KMO
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0.589

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai $KMO \geq 0.5$ yang artinya analisis *cluster* dapat diterapkan pada data yang digunakan.

- b) Asumsi saling bebas

Analisis korelasi untuk menguji terpenuhinya asumsi tersebut. Pengujian menggunakan hipotesis berikut:

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

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

Tabel 4.2. Korelasi *Pearson*

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1									
X ₂	1.000	1								
X ₃	0.996	0.997	1							
X ₄	0.998	0.999	0.999	1						
X ₅	0.998	0.999	0.997	0.998	1					
X ₆	0.999	0.999	0.996	0.998	0.999	1				
X ₇	-0.338	-0.344	-0.332	-0.344	-0.371	-0.362	1			
X ₈	-0.409	-0.415	-0.401	-0.415	-0.441	-0.429	0.977	1		
X ₉	-0.375	-0.381	-0.370	-0.382	-0.405	-0.393	0.968	0.992	1	
X ₁₀	-0.390	-0.396	-0.383	-0.397	-0.422	-0.411	0.983	0.997	0.994	1

Nilai korelasi *Pearson* pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa seluruh variabel saling berkorelasi. Kemudian dengan menggunakan Persamaan (2.2) dan (2.3) diperoleh nilai t_{hitung} untuk setiap pasang variabel lebih besar dari $t_{\frac{\alpha}{2}(n-1)}$, dengan $\alpha = 0.05$ dan $n = 10$ nilai $t_{\frac{\alpha}{2}(n-1)} = 2.685$. Sehingga disimpulkan terdapat korelasi antar variabel pada data penutupan volume saham. Hal ini bisa dipahami karena data yang digunakan merupakan data deret waktu

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Fitri Amanah, Fauziah Roshafara, Puri Indah Lestari, Salwa Salsabila,
Renita Maharani

sehingga ada keterkaitan antar waktunya. Karenanya perlu dilakukan analisis komponen utama untuk mereduksi data yang berkorelasi.

Tabel 4.3. Hasil Nilai *Eigen*

Komponen	Nilai <i>Eigen</i>	Total Varian (%)	Total Kumulatif Varian (%)
1	7.130	71.302	71.302
2	2.821	28.207	99.509
3	0.034	0.339	99.848
4	0.008	0.078	99.926
5	0.004	0.044	99.969
6	0.002	0.022	99.992
7	0.001	0.007	99.998
8	0.000	0.001	99.999
9	0.000	0.001	100.00
10	0.000	0.000	100.00

Tabel 4.3 di atas menunjukkan bahwa terdapat sepuluh komponen yang terbentuk dari 10 variabel yang digunakan. Nilai *eigen* menunjukkan besarnya total varian yang dijelaskan oleh komponen yang terbentuk. Kriteria minimal yang digunakan untuk menentukan *Principal Component (PC)* yaitu apabila nilai *eigen* lebih dari 1 ($\lambda > 1$), maka komponen tersebut terpilih sebagai *PC* [5]. Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa terbentuk dua *PC* yang mempunyai $\lambda > 1$ yaitu *PC*₁ dan *PC*₂ yang telah dapat menjelaskan varian dari keempat variabel sebesar 99.509%.

Setelah memenuhi kedua asumsi analisis *cluster* maka langkah selanjutnya yaitu mengelompokkan objek dengan metode *K-Means Cluster* dengan banyak *cluster* telah ditentukan terlebih dahulu sebanyak dua *cluster* sehingga diperoleh anggota masing-masing *cluster* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengelompokkan 2 *Cluster*

<i>Cluster</i>	Saham
<i>Cluster I</i>	ADRO, AKRA, BRMS, MIKA, TLKM, UNVR
<i>Cluster II</i>	INDF, INKP, SMGR, UNTR

Berdasarkan hasil *cluster* di atas, selanjutnya akan dibentuk 2 jenis portofolio yaitu portofolio I dengan anggota *cluster I* yaitu ADRO, AKRA, BRMS, MIKA, TLKM, UNVR dan portofolio II dengan anggota *cluster II* yaitu INDF, INKP, SMGR, UNTR. Langkah selanjutnya adalah menentukan *view* investor yang diprediksi menggunakan rata-rata dari *return* saham dalam 5 hari terakhir. Pada penelitian ini menggunakan *absolute view* yaitu pandangan investor yang dinyatakan dengan yakin. Hasil dari pembentukan *view* investor adalah sebagai berikut:

Portofolio I

View 1 : “ADRO diprediksi akan naik sebesar 6,9%”, *View 2* : “AKRA diprediksi akan turun sebesar 1,3%”, *View 3* : “BRMS diprediksi akan turun sebesar 2,9%”, *View 4* : “MIKA diprediksi akan turun sebesar 0,3%”, *View 5* : “TLKM diprediksi akan naik sebesar 2%”, *View 6*: “UNVR diprediksi akan turun sebesar 1,7%

Portofolio II

View 1 : “INDF diprediksi akan turun sebesar 2,7%”, *View 2* : “INKP diprediksi akan naik sebesar 0,04%”, *View 3* : “SMGR diprediksi akan turun sebesar 2%”, *View 4* : “UNTR diprediksi akan turun sebesar 2,6%”

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Fitri Amanah, Fauziah Roshafara, Puri Indah Lestari, Salwa Salsabila,
Renita Maharani

Selanjutnya *view* investor tersebut digunakan untuk menghitung *return* dan bobot Black-Litterman pada Persamaan (2.5) dan (2.6) dengan memilih $\tau = 0,05$ dan $\delta = 2,5\%$. Hasil perhitungan *return* dan bobot Black-Litterman terdapat pada Tabel 4.5 dan 4.6

Tabel 4.5. *Return* dan Bobot Black-Litterman dari Portofolio I

Emiten	<i>Return</i> BL	Bobot BL
ADRO	0.0185	0.2177
AKRA	0.0088	0.1212
BRMS	-0.0269	-0.2680
MIKA	0.0180	0.0728
TLKM	0.0113	0.2550
UNVR	0.0368	0.6012

Tabel 4.6. *Return* dan Bobot Black-Litterman dari Portofolio II

Emiten	<i>Return</i> BL	Bobot BL
INDF	0.0432	0.9163
INKP	-0.0102	-0.2248
SMGR	0.0104	0.1228
UNTR	0.0070	0.1856

Salah satu cara untuk mengukur kinerja portofolio I dan II adalah dengan menghitung *expected return* dan risiko portofolio menggunakan Persamaan (2.7) dan (2.8). *Expected return* portofolio digunakan untuk mengetahui rata-rata keuntungan yang diperoleh dari portofolio yang terbentuk. Sedangkan risiko portofolio berkaitan dengan kerugian yang akan dialami investor berdasarkan portofolio yang terbentuk. Setelah menghitung *expected return* dan risiko portofolio, selanjutnya dilakukan simulasi dengan modal investasi Rp 100.000.000,00 pada kedua portofolio. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.7 dan 4.8

Tabel 4.7. *Expected Return* dan Risiko Portofolio

Portofolio	<i>Expected Return</i> Portofolio	Risiko Portofolio
Portofolio I	0.0386	0.02701
Portofolio II	0.04445	0.02104

Tabel 4.8. Hasil Simulasi Investasi

Portofolio	<i>Expected Return</i> Portofolio	Risiko Portofolio
Portofolio I	Rp 3.861.927,00	Rp 2.701.400,00
Portofolio II	Rp 4.445.344,00	Rp 2.104.400,00

Berdasarkan Tabel 4.7 dan 4.8 diketahui bahwa nilai *expected return* portofolio II lebih besar dibandingkan dengan portofolio I yaitu 0.04445. Tingkat risiko portofolio II juga lebih kecil dibandingkan dengan portofolio I yaitu 0.02104. Jika dilakukan simulasi investasi Rp 100.000.000,00 diperoleh keuntungan portofolio II sebesar Rp 4.445.344,00, dengan tingkat risiko kerugian Rp 2.104.400,00. Artinya saat investor dihadapkan pada dua pilihan yaitu portofolio I atau II, maka investor dapat memilih portofolio II yang terdiri dari saham INDF, INKP, SMGR, UNTR dalam melakukan investasi. Karena tingkat keuntungan yang lebih besar, dengan risiko minimal. Hal ini sejalan dengan tujuan investasi di pasar modal yaitu mendapat keuntungan (*return*) maksimal atau risiko minimal.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Fitri Amanah, Fauziah Roshafara, Puri Indah Lestari, Salwa Salsabila,
Renita Maharani

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis *cluster* K-Means dapat diterapkan dalam pemilihan saham. Hal ini sejalan dengan penelitian [3] yang membentuk saham portofolio menggunakan analisis *cluster* K-Means. Hal yang berbeda dari penelitian tersebut adalah pemilihan karakteristik dalam pembentukan *cluster*, yaitu pada penelitian ini menggunakan harga penutupan dan banyaknya volume saham yang beredar sebagai dasar dalam pembentukan *cluster*, sedangkan Baiti dan Prasetya [3] menggunakan *market capitalization*. Selain itu, penelitian ini juga mendukung penelitian Kheyrkhah dkk yang membandingkan k-means cluster, *fuzzy c-means cluster* dan SOM untuk membentuk portofolio dengan menggunakan *return* saham sebagai dasar pembentukan *cluster* [10]. Artinya pembentukan *cluster* dapat diterapkan pada data saham, meskipun menggunakan dasar pembentukan yang berbeda. Pengelompokan saham menggunakan analisis *cluster* dapat diartikan sebagai diversifikasi aset yaitu mengkombinasikan saham dalam suatu portofolio sebagai usaha untuk meminimalkan risiko. Hasil penelitian menunjukkan *return* dan tingkat risiko berbeda antara portofolio I dan II. Sehingga hasil analisis *cluster* K-Means dalam pembentukan portofolio dapat dijadikan pertimbangan oleh investor dalam melakukan investasi.

Penelitian tentang portofolio Black-Litterman sudah banyak dilakukan, diantaranya oleh Amanah yang membahas tentang pengukuran kinerja portofolio Black-Litterman menggunakan *tracking error* dan *sharpe ratio* [1] [2]. Begitu juga dengan Subekti yang fokus membahas risiko dalam portofolio Model Black-Litterman menggunakan *value at risk* [15]. Sedangkan penelitian ini lebih berfokus pada pengelompokan saham menggunakan analisis *cluster k-means*. Adapun pengukuran kinerja portofolio Black-Litterman yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *expected return* dan standar deviasi portofolio. Keduanya menggambarkan keuntungan dan risiko portofolio secara menyeluruh. Karenanya penelitian ini yaitu penerapan analisis *cluster* K-Means dalam membentuk portofolio Black-Litterman dapat menambah bahan kajian dalam penelitian portofolio Black-Litterman.

5. KESIMPULAN

Jumlah emiten yang digunakan selama periode penelitian berjumlah 23 saham, yang selanjutnya diperoleh hanya 10 saham yang berdistribusi normal. Data saham tersebut kemudian dikelompokkan menggunakan analisis *cluster k-means* berdasarkan harga penutupan dan banyaknya volume saham. Setelah dilakukan uji asumsi kesesuaian data dan saling bebas, diperoleh 2 cluster saham yaitu *cluster* I terdiri dari saham ADRO, AKRA, BRMS, MIKA, TLKM, UNVR, dan *cluster* II terdiri dari INDF, INKP, SMGR, UNTR. Selanjutnya kedua cluster tersebut dijadikan pembentukan portofolio Black-Litterman I dan II. *View* yang digunakan adalah *absolute view*. Hasil perhitungan *expected return* dan risiko portofolio adalah pada portofolio I diperoleh *expected return* 0.0386 atau Rp 3.861.927,00, dengan besar risiko 0.02701 atau Rp 2.701.400,00. Sedangkan pada portofolio II diperoleh *expected return* 0.04445 atau Rp 4.445.344,00, dengan besar risiko 0.02104 atau Rp 2.104.400,00. Hasil penelitian menunjukkan portofolio II menghasilkan *expected return* yang lebih besar dan risiko yang lebih kecil dibandingkan portofolio I. Karenanya analisis *cluster k-means* dapat digunakan untuk membentuk portofolio model Black-Litterman dan dapat dijadikan metode pemilihan saham oleh investor saat melakukan investasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amanah, F., 2016. Analisis Tracking Error Untuk Mengukur Kinerja Portofolio Model Black-Litterman. Jurnal Matematika, Vol. 5, No. 5.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

**Fitri Amanah, Fauziah Roshafara, Puri Indah Lestari, Salwa Salsabila,
Renita Maharani**

- [2]. Amanah, F., 2017. Pengukuran Kinerja Portfolio Black-Litterman Menggunakan Metode Sharpe Ratio. Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika UNY 2017.
- [3]. Baiti, P.I.C. & Prasetya J., 2022. Analisis Non-Hierarchical Clustering dan Lagrangean Multiplier dalam Penentuan Bobot Portofolio Optimal Saham Perbankan Indonesia. JSA [Internet]. 2022 Dec.31 [cited 2023Oct.18];6(2):355 -365. Available from: <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/statistika/article/view/29815> [31 Desember 2022]
- [4]. Das, D., Kayal, P., & Maiti, M., 2023. A K-Means Clustering Model for Analyzing The Bitcoin Extreme Value Returns. *Decision Analytics Journal*, 6, 100152.
- [5]. Gudono, 2012. Analisis Data Multivariat. Yogyakarta: BPFE.
- [6]. Haqiqi K.F. & Tohid, K., 2012. Int. Conf. Econ. Bus. Mark. Manag. 29 292.
- [7]. He, G. & Litterman, R., 1999. The Intuition Behind Black-Litterman Model Portfolios. Investment Management Division.
- [8]. Idzorek, T., 2004. A Step by Step Guide to The Black-Litterman Model : Incorporating user-specified confidence levels. Journal of Elsevier Finance.
- [9]. Jogiyanto, 2010. *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Yogyakarta: BPFE.
- [10]. Kheyrkhal, A., Kazemi M.A.A. & Roodposhti, F.R., 2015. Int. J. Basic Sci. Appl Res. 3(SP) 168.
- [11]. Murphy, K. P., 2012. *Machine learning: a probabilistic perspective*. MIT press.
- [12]. Pudjiani, M., Syaikat, Y. & Irawan, T., 2020. Optimum Portfolio Analysis of Black-Litterman Model in The Indonesian Stock Exchange on Consumer Goods Industrial Sector. *The Winners*, 21(1), 27-33.
- [13]. Puspitasari, M.W., 2016. Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kemiskinan Di Jawa Tengah Menggunakan Metode Ward Dan Average Linkage [skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Negeri Yogyakarta.
- [14]. R.A. & Winchern, D.W., 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall.
- [15]. R Subekti *et al.*, 2019. Value at risk in the black litterman portfolio with stock selection through cluster analysis. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1320, No. 1, 012004.
- [16]. Setiawan, E.P., 2020. Pengaruh Pemilihan Indeks Pasar Dalam Pembentukan Portofolio Model Indeks Tunggal. *Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, 8(1), 1-10.
- [17]. Walpole, R.E., 1995. Pengantar Statistika. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [18]. Walters, J., 2007. The Black-Litterman Model in Detail. Journal of Social Science Research Network.
- [19]. Yamin, S., Rachman, L.A. & Kurniawan H., 2011. Regresi dan Korelasi dalam Genggaman Anda. Jakarta: Salemba Empat.