RESEARCH ARTICLE • OPEN ACCESS

K-Means Clustering dan Mean Variance Efficient Portfolio dalam Portofolio Saham

Yogi Pratama, Evy Sulistianingsih, Naomi Nessyana Debataraja, Nurfitri Imro'ah

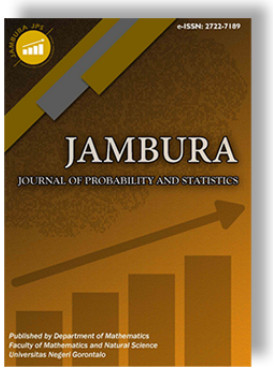
Volume 5, Issue 1, Pages 24–30, May 2024

Received 07 June 2023, Revised 21 April 2024, Accepted 04 June 2024, Published Online 20 June 2024

To Cite this Article : Y. Pratama, E. Sulistianingsih, N.N. Debataraja, and Nurfitri Imro'ah," K-Means Clustering dan Mean Variance Efficient Portfolio dalam Portofolio Saham ", *Jambura J. Probab. Stat.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–30, 2024, *https://doi.org/10.34312/jjps.v5i1.20298*

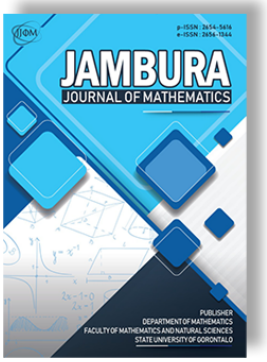
© 2024 by author(s)

JOURNAL INFO • JAMBURA JOURNAL OF PROBABILITY AND STATISTICS



Homepage	:	https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jps/index
Journal Abbreviation	:	Jambura J. Probab. Stat.
Frequency	:	Biannual (May and November)
Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
DOI	:	https://doi.org/10.37905/jjps
Online ISSN	:	2722-7189
Editor-in-Chief	:	Ismail Djakaria
Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
Country	:	Indonesia
OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jps/oai
Google Scholar ID	:	kWdujzMAAAAJ
Email	:	redaksi.jjps@ung.ac.id

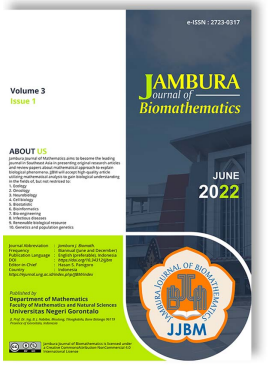
JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



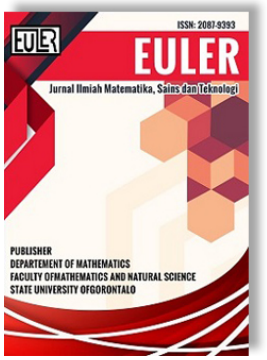
Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Biomathematics



EULER : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains, dan Teknologi

Jambura Journal of Probability and Statistics, Volume 5, Issue 1, Pages 24–30, May 2024 https://doi.org/10.34312/jjps.v5i1.20298

Research Article

K-Means Clustering dan Mean Variance Efficient Portfolio dalam Portofolio Saham

Yogi Pratama[1], **Evy Sulistianingsih**[1,*], **Naomi Nessyana Debataraja**[1], **Nurfitri Imro'ah**[1]

[1]*Jurusan Matematika, Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura*

ARTICLE HISTORY
Received 07 June 2023
Revised 21 April 2024
Accepted 04 June 2024
Published 20 June 2024

KATA KUNCI
K-Means Clustering
Portofolio
Mean Varianece Efficient Portofolio

KEYWORDS
K-Means Clustering
Portfolio
Mean Varianece Efficient Portfolio

ABSTRAK. *K-Means Clustering adalah salah satu algoritma clustering non-hierarki mempartisi n objek ke dalam k cluster. K-Means Clustering digunakan untuk menentukan suatu objek yang berada di cluster mana dengan cara menghitung kedekatan jarak objek dengan pusat cluster (centroid). Penelitian ini bertujuan untuk membentuk portofolio menggunakan K-Means Clustering dan menentukan bobot portofolio yang terbentuk menggunakan Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP). Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data harga penutupan dari 11 saham di indeks LQ45 periode 3 Januari 2022 sampai dengan 3 Januari 2023. Hasil analisis yang diperoleh dengan menggunakan K-Means Clustering adalah terbentuk dua portofolio. Portofolio pertama terdiri dari saham BMRI, INCO, INDF, INTP dan SMGR. Portofolio kedua terdiri dari saham ADRO, ANTM, BBRI, ERAA, dan UNVR. Berdasarkan hasil perhitungan metode MVEP, diperoleh bobot masing-masing saham sebesar 22,17% (BMRI), 10,11% (INCO), 49,76% (INDF), 18,75% (INTP), dan -1,36% (SMGR). Hasil perhitungan bobot saham menunjukkan bahwa ada bobot saham yang bernilai negatif yaitu pada saham SMGR sebesar -1,36%, yang berarti terdapat short sale dalam investasi. Kemudian, hasil pembobotan pada portofolio kedua untuk saham 7,08% (ADRO), 9,62% (ANTM), 34,05% (BBRI), 24,80% (ERAA), dan 24,45% (UNVR). Nilai varians portofolio saham 1 sebesar 0,000080 dan portofolio saham 2 sebesar 0,000137. Dari hasil varians portofolio diketahui bahwa risiko portofolio 1 adalah 0,008953 dan risiko portofolio 2 adalah 0,011706.*

ABSTRACT. *K-means clustering is one of the non-hierarchical clustering algorithms that partitions n objects into k clusters. K-means clustering is used to determine which cluster an object belongs to by calculating the proximity distance between the object and the cluster center (centroid). This research aims to form a portfolio using K-means clustering and determine the weights of the portfolio using the Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) method. The data analyzed in this research is the closing price data of 11 stocks in the LQ45 index from January 3, 2022, to January 3, 2023. The analysis results obtained using K-means clustering reveal the formation of two portfolios. The first portfolio consists of the stocks BMRI, INCO, INDF, INTP, and SMGR. The second portfolio consists of the stocks ADRO, ANTM, BBRI, ERAA, and UNVR. Based on the MVEP method calculation, the weights of each stock in the first portfolio are 22.74% (BMRI), 10.11% (INCO), 49.76% (INDF), 18.75% (INTP), and -1.36% (SMGR). The calculation results of stock weights show that there is a stock weight with a negative value, which is -1.36% for SMGR, indicating a short sale in the investment. Furthermore, the weighting results for the second portfolio are 7.08% (ADRO), 9.62% (ANTM), 34.05% (BBRI), 24.80% (ERAA), and 24.45% (UNVR).The variance values of stock portfolio 1 and stock portfolio 2 are 0.000080 and 0.000137, respectively. From the portfolio variance results, it is known that the risk of portfolio 1 is 0.008953 and the risk of portfolio 2 is 0.011706.*

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonComercial 4.0 International License. Editorial of JJPS: Department of Statistics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Investasi dapat didefinisikan sebagai pengelolaan aset keuangan dengan tujuan untuk memperoleh penghasilan[1]. Investasi dilakukan karena dapat memberikan hasil berupa *return*, sebagai imbalan atas keberanian investor menghadapi risiko [2].

Investasi saham merupakan salah satu pilihan investasi yang diminati oleh para investor. Namun, karena terdapat banyak sekali saham yang terdaftar di pasar modal, investor seringkali mengalami kesulitan dalam memilih saham yang tepat untuk diinvestasikan. Untuk mengatasi hal ini, Bursa Efek Indonesia (BEI) telah mengeluarkan sejumlah saham yang mencakup perusahaan dengan kriteria tertentu. Hal ini bertujuan untuk membantu investor untuk memilih saham yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan investasi mereka [3].

Dalam kegiatan pasar uang di Indonesia, ada klasifikasi saham yang terdiri dari saham non LQ45 dan saham LQ45. Saham non LQ45 antara lain saham Jakarta Islamic Index (JII), saham kompas 100, dan Indonesia Sharia Stock Index (ISSI), sedangkan saham LQ45 adalah saham yang dipilih oleh BEI karena memiliki prospek pertumbuhan dan kondisi keuangan yang stabil, serta risiko yang lebih rendah dibandingkan dengan saham lainnya.

*Corresponding Author.

Email : *evysulistianingsih@math.untan.ac.id* (E. Sulistianingsih)
Homepage : https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jps/index / E-ISSN : 2722-7189
© 2024 by the Author(s).

Daftar saham LQ45 diperbarui setiap 6 bulan pada awal Februari dan Agustus, dan hanya saham yang memiliki likuiditas dan kapitalisasi pasar selama 12 bulan terakhir serta masuk dalam urutan 60 terbesar di pasar reguler yang bisa masuk dalam daftar tersebut [4].

Secara umum, risiko dapat diartikan sebagai ketidakpastian dalam mencapai tujuan dalam kurun waktu tertentu [5]. Salah satu teknik pengelolaan portofolio yang dapat mengurangi risiko dan menghitung ekspektasi return dari portofolio saham adalah *Mean Variance Efficient Portfolio* (MVEP). Pada MVEP investor melakukan investasi pada aset-aset yang memiliki risiko saja, sedangkan aset bebas risiko (*risk free asset*) tidak diikutsertakan pada portofolionya.

Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP) bertujuan membentuk portofolio dengan varians minimum diantara portofolio-portofolio yang mungkin dibentuk. Jika portofolio yang terbentuk memiliki varians yang minimum, maka tingkat risikonya juga minimum [6].

Analisis *cluster* merupakan metode multivariat yang bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan pada ciri khas yang ada pada objek tersebut. Ada dua metode dalam analisis *cluster* yaitu hierarki dan non-hierarki. Perbedaan antara analisis *cluster* hierarki dan analisis *cluster* non-hierarki terletak pada langkah awal dalam pengelompokkan. Dalam analisis *cluster* hierarki, pengelompokkan dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih objek yang memiliki kesamaan terdekat, sehingga membentuk *cluster* seperti pohon dengan tingkatan yang jelas antara objek-objeknya. Objek dengan kesamaan yang lebih dekat akan berada dalam tingkatan yang lebih rendah. Sebaliknya, analisis*cluster* non-hierarki dimulai dengan melakukan penentuan jumlah *cluster* yang diinginkan oleh peneliti, misalnya dua, tiga, atau lebih. Setelah jumlah *cluster* ditentukan, objek-objek ditempatkan ke dalam *cluster* tanpa mengikuti proses hierarki. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis *cluster* non-hierarki adalah metode *K-Menas* [7].

Analisis *cluster* secara umum bertujuan untuk mengelompokkan data observasi atau variabel-variabel ke dalam *cluster* sehingga masing-masing *cluster* memiliki sifat homogen sesuai dengan faktor yang digunakan [8]. Aspek yang dipakai pada analisis *cluster* saham merupakan nilai return tiap saham. Dari hasil analisis, setiap *cluster* memiliki nilai return yang tidak jauh berbeda. Hasil penelitian [9] membuktikan bahwa saham-saham yang memiliki nilai return yang tidak jauh berlainan mempunyai jarak *euclid* yang dekat.

Penelitian terkait dengan portofolio serta strategi penentuan aset (saham) telah banyak dilakukan. Satu diantaranya adalah hasil penelitian [9] yang menunjukkan pengelompokan saham menggunakan metode *clustering*, dimana dengan metode *clustering*, reliabilitas portofolio dalam hal perbandingan antara perkiraan risiko serta nilai aktualnya dengan sejumlah metode *cluster* yang diteliti semacam *single linkage* serta *average linkage* dapat ditingkatkan. Pendekatan metode *clustering* juga dikembangkan oleh [10] pada strategi portofolio dinamis. Kemudian *K-Means, SOM*, dan *Fuzzy C-Means* adalah metode *clustering* yang juga telah digunakan oleh [11] untuk menganalisis data pasar Bombay Stock Exchange. Penelitian [12] mengenai perhitungan nilai ekspektasi return dan risiko dari portofolio dengan menggunakan *Mean Variance Efficient Portfolio* menyimpulkan metode MVEP digunakan untuk menghitung nilai bobot dari keseluruhan saham yang dibentuk.

Penelitian ini mengkaji pembentukan portofolio dengan mengelompokkan saham menggunakan metode non-hierarki. *K-Means Clustering* dilakukan berdasarkan hasil penelitian [11] yang merekomendasikan metode *K-Means Clustering* karena *cluster* yang diperoleh lebih kompak apabila dibandingkan dengan metode *SOM* dan *Fuzzy C-means*. Apabila semua data dapat bergabung menjadi satu, dapat dikatakan bahwa semua data kompak menjadi satu kelompok [13]. Oleh sebab itu, penelitian ini mengelompokkan dan membentuk portofolio saham menggunakan metode *K-Means Clustering* dan *Mean Variance Efficient Portfolio*.

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini berupa studi literatur yang dilakukan dengan mencari teori-teori yang mendukung mengenai analisis *K-Means Clustering* melalui buku dan jurnal. Pada penelitian ini juga terdapat studi kasus yang menggunakan data sekunder, yaitu data harian dari data harga penutupan saham yang diunduh dari http://www.finance.yahoo.com. Adapun periode harga penutupan saham yang digunakan yakni periode 3 Januari 2022 sampai dengan 3 januari 2023 (tidak termasuk hari libur/*non trading days*.

Berikut diberikan sejumlah tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Mengumpulkan data harga penutupan 11 saham LQ45.
2. Menentukan nilai *k* optimal menggunakan metode *Elbow*.
3. Melakukan analisis *cluster* non-hierarki *K-Means Clustering*.
   a. Menentukan *centroid* awal.
   b. Menghitung jarak objek ke centroid menggunakan jarak *Euclidean*.
   c. Mengelompokkan objek berdasarkan jarak minimum.
   d. Mengevaluasi objek-objek yang berpindah ke *cluster* lain.
   e. Menentukan *centroid* baru ketika ditemukan objek yang berpindah *cluster*.
4. Membentuk portofolio dari hasil *cluster*.
5. Menghitung Ekspektasi, Varians, dan Matriks Varians-Kovarians dari *Return* harga saham penutupan.
6. Menghitung bobot saham menggunakan *Mean Variance Efficient Portfolio*.
7. Menghitung Ekspektasi*Return* portofolio dan Varians (Risiko) portofolio berdasarkan hasil dari tahap 4,5, dan 6.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Deskriptif

Dalam bagian ini dibahas proses dan hasil dari pengelompokan saham dengan *K-Means Clustering* serta pembobotan saham dengan menggunakan *Mean Variance Efficient Portfolio* untuk pembentukan portofolio.

Data yang digunakan sebagai studi kasus adalah data harga penutupan saham pada indeks LQ45 yang diakses melalui https://finance.yahoo.com. LQ45 merupakan 45 saham di Bursa Efek Jakarta yang paling likuid, yaitu saham-saham yang memiliki nilai transaksi tertinggi dan memiliki rata-rata nilai kapitalisasi pasar tertinggi selama 12 bulan terakhir. Portofolio keuangan dalam penelitian ini menggunakan kumpulan saham yang tergabung pada LQ45 dengan memperhatikan sektor dan terpilih 11

saham. Berikut ini diberikan statistik deskriptif data harga saham penutupan pada Tabel 1

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data Harga Saham

Saham	N	Minimum	Maximum	Mean
ADRO	248	2160	4140	3233,23
ANTM	248	1540	2900	2100,69
BBRI	248	4040	4980	4483,27
BMRI	248	7025	10900	8560,18
ERAA	248	380	605	489,70
INCO	248	4250	8675	6372,12
INDF	248	5725	7250	6471,98
INTP	248	9025	11700	9985,48
SMGR	248	5950	8250	6953,15
UNTR	248	21725	35500	28876,31
UNVR	248	3280	5400	4442,94

Berdasarkan pada Tabel 1, rata-rata harga penutupan pada saham ADRO sebesar Rp3.233,23. Harga penutupan saham ADRO terendah yaitu sebesar Rp2.160 terjadi pada tanggal 10 Februari 2022, sementara yang tertinggi sebesar Rp4.140 terjadi pada tanggal 7 Oktober 2022. Kemudian rata-rata harga penutupan saham pada saham ANTM sebesar Rp2.100,69. Harga penutupan saham ANTM terendah yaitu sebesar Rp1.540 terjadi pada tanggal 15 Juli 2022, sementara yang tertinggi sebesar Rp2.900 terjadi pada tanggal 18 April 2022.

3.2. *Analisis Menggunakan Metode Elbow*

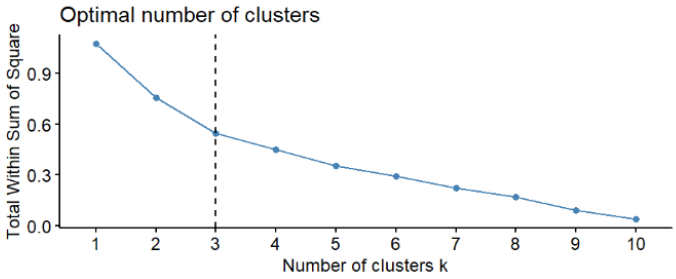
Metode *elbow* mirip dengan *scree plot*. Metode ini menentukan jumlah *cluster k* dengan cara membangun plot berdimensi dua antara *k* dengan jumlah kuadrat total dalam *k cluster* (Jumlah Kuadrat Intra Kelompok) yang dibentuk. Nilai*k* kemudian akan ditentukan ketika Jumlah Kuadrat Intra Kelompok (*Total Within Sum of Square*) 'mulai' melandai.

Hasil *cluster* terbaik dapat dicapai ketika terjadi penurunan maksimal antara nilai *cluster* pertama dan kedua dalam grafik. Sebagai perbandingan, nilai SSE (*Sum Square Error*) dihitung untuk setiap *cluster*, dengan kecenderungan bahwa semakin besar nilai *k cluster*, semakin kecil nilai SSE-nya [14]. Pada tahapan ini, data yang dianalisis adalah data *return* dari 11 saham. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai SSE adalah sebagai berikut [15]:

$$SSE = \sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 \tag{1}$$

dengan, n adalah jumlah data, X_i adalah data ke-i dan X adalah *centroid* dari *cluster* atau nilai *mean* dari total dataset *cluster*. Berdasarkan persamaan (1) dihitung nilai SSE, sehingga diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat jumlah *cluster* yang membentuk siku pada titik $k = 3$ yang mengindikasikan jumlah *cluster* ideal pada data sebesar 3 *cluster*, dan layak diperiksa saat menggunakan teknik *K-Means Clustering*. Dari hasil tersebut, kemudian dilakukan klasterisasi data 11 saham pada indeks LQ45 sebanyak 3 *cluster*.



Gambar 1. Grafik Hasil Analisis Menggunakan Metode *Elbow*

Menentukan Centroid Awal Seacara Acak

Pada tahap ini, ditentukan *centroid* awal secara acak seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. *centroid* Awal

Percobaan	C1	C2	C3
3	INTP	BMRI	INCO

dengan C1 adalah *centroid* pertama, C2 adalah *centroid* kedua, dan C3 adalah *centroid* ketiga, dimana pada percobaan 3 *cluster* dipilih saham INTP sebagai C1, saham BMRI sebagai C2, dan saham INCO sebagai C3.

Perhitungan Jarak Euclidean

Pada tahap ini dihitung 'jarak' antar saham menggunakan jarak *Euclidean* sebelum dilakukan klasterisasi. Perhitungan jarak antara setiap objek dan *centroid* dalam setiap *cluster* dilakukan menggunakan metode *Euclidean Distance*, yang didefinisikan oleh Persamaan 2.

$$d(x,y) = ||x-y|| = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}; i = 1,2,3,...n \tag{2}$$

Berdasarkan Persamaan 2, diberikan 2 ilustrasi ukuran jarak *euclidean* untuk saham ADRO (1) dengan saham ANTM (2) serta saham ADRO (1) dengan saham BMRI (4).

$$\begin{aligned} d_{12} &= \sqrt{\sum_{i=1}^{11}(x_i - y_i)^2} \\ &= \sqrt{(2370-2340)^2 + ... + (3520-2000)^2} \\ &= 20714,226995 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{14} &= \sqrt{\sum_{i=1}^{11}(x_i - y_i)^2} \\ &= \sqrt{(2370-7050)^2 + ... + (3520-9950)^2} \\ &= 84486,754435 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, jarak *euclidean* antara saham ADRO dengan saham ANTM adalah $d_{12} = 20714,226995$, sedangkan jarak *euclidean* antara ADRO dengan saham BMRI adalah $d_{14} = 84486,754435$. Hal ini menandakan bahwa Saham ADRO lebih

mirip berdasarkan karakteristiknya dengan saham ANTM daripada saham BMRI karena jaraknya lebih kecil. Ini juga berlaku untuk interpretasi objek lainnya, semakin kecil jarak antara objek-objek tersebut, semakin mirip karakteristiknya. Tabel 3 menunjukkan matriks jarak menggunakan software *R*.

Selanjutnya nilai jarak *euclidean* digunakan untuk pengelompokan saham ke dalam *cluster*.

Tabel 4. menunjukkkan hasil perhitungan jarak *euclidean* pada percobaan 3 *cluster* yang mempunyai kesamaan karakteristik pada setiap data hasil pengelompokannya, di mana setiap data dikelompokkan berdasarkan kesamaan karakteristiknya dengan *centroid* terdekat. Hasil analisis menunjukkan bahwa data akan ditempatkan dalam *cluster* yang sesuai dengan *centroid* terdekatnya, misalnya, data yang terletak paling dekat dengan *centroid* 1 (C1) akan dimasukkan ke dalam *cluster* 1, dan begitu seterusnya untuk *cluster* selanjutnya.

Menentukan Kembali Centroid

Tahap selanjutnya adalah menentukan kembali *centroid* dengan menghitung rata-rata setiap*cluster* yang sama sehingga didapatkan *centroid* baru. *Centroid* awal dipilih secara acak dari objek-objek yang ada sejumlah *k cluster*. Dalam proses penentuan kembali *centroid* ini, dapat digunakan Persamaan 3 berikut.

$$v = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}; i = 1, 2, 3, ...n, \tag{3}$$

dimana v adalah *centroid* pada *cluster*, x_i adalah objek ke-i, dan n adalah banyaknya objek/jumlah objek yang menjadi anggota *cluster*.

Hasil *centroid* yang baru dapat dilihat pada Tabel 5. Setelah *centroid* baru diperoleh sebagaimana yang terlihat di Tabel 5, langkah berikutnya adalah mencari hasil pengelompokan data yang tercantum pada Tabel 6. Pada Tabel 6, saham INTP berpindah *cluster* dari *cluster* 1 ke *cluster* 2 dan saham SMGR yang berpindah *cluster* dari *cluster* 3 ke *cluster* 2. Maka, ditentukan lagi *centroid* baru dan dilakukan iterasi selanjutnya seperti yang terlihat pada tabel 7 dan 8. Pada Tabel 7 dan 8 tidak ada *cluster* yang berpindah, maka proses iterasi dihentikan.

3.3. Klasterisasi dengan K-Means Clustering

Berdasarkan hasil penentuan nilai k menggunakan metode *Elbow*, maka dalam penelitian, yang ditentukan k sebanyak 3, untuk kemudian dilihat hasil yang diperoleh. Lalu, menggunakan matriks jarak *euclidean* diklasterisasi 11 saham menjadi 3 *cluster*. Proses pengelompokan dilakukan dengan menentukan *centroid* awal secara acak terlebih dahulu. Pada pengelompokan saham menjadi 3 *cluster* dipilih saham INTP, BMRI, dan INCO sebagai *centroid* 1, 2, dan 3. Selanjutnya dihitung jarak *euclidean* antar saham, kemudian dihitung *centroid* baru pada iterasi 2, kemudian iterasi terus dilakukan sampai tidak ada *cluster* yang berpindah.

Berdasarkan Tabel 9, dapat disimpulkan bahwa UNTR berada pada *cluster* sendiri. Sehingga, UNTR tidak digunakan dalam pembentukan portofolio, karena untuk membentuk portofolio tidak bisa hanya menggunakan satu saham saja. Hal ini disebabkan satu saham dalam portofolio berarti investor akan menghadapi risiko tunggal yang signifikan. Jika saham tersebut mengalami penurunan nilai yang besar atau mengalami masalah perusahaan yang serius yang dapat memberikan kerugian besar. Sehingga, untuk mengurangi risiko yang harus dihadapi oleh calon investor, dapat dilakukan dengan mengkombinasikan berbagai jenis investasi saham yang dipilih dan menentukan alokasi dana yang tepat untuk diinvestasikan pada setiap jenis saham tersebut [16]. Selanjutnya, karena *cluster* optimal yang disarankan adalah 3 *cluster* maka dibentuk portofolio dari saham-saham hasil pengelompokan k = 3 (kecuali saham UNTR). Dengan demikian, saham yang masuk di *cluster* 2 menjadi portofolio 1 dan saham yang masuk di *cluster* 3 menjadi portofolio 2. Untuk *cluster* 1 yang hanya berisi saham UNTR tidak digunakan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Dengan demikian portofolio yang terbentuk adalah BMRI, INCO, INDF, INTP dan SMGR untuk portofolio 1, sementara ADRO, ANTM, BBRI, ERAA, dan UNVR merupakan saham-saham yang membangun portofolio 2.

3.4. Perhitungan Bobot Saham Menggunakan Metode MVEP

Dalam penelitian ini, digunakan metode *Mean Variance Efficient* Portfolio (MVEP) sebagai salah satu metode untuk membentuk portofolio yang optimal [17].

Pada kasus portofolio dengan varians efisien, tidak ada pembatas pada *expected* portofolio $\lambda_1 = 0$,sehingga pembobotan pada MVEP dengan *return* $X \sim (\mu, \sum)$ adalah [6].

$$w = \frac{\sum^{-1} 1_N}{1_N \sum^{-1} 1_N} \tag{4}$$

dimana $\sum^{-1}$ adalah invers matriks varians-kovarians, 1_N adalah vektor satu dengan dimensi N×1.

Tahap ini bertujuan untuk menghitung bobot setiap saham pada portofolio 1 dan portofolio 2 dengan menggunakan Persamaan 4. Hasil perhitungan bobot untuk kedua portofolio diberikan pada Tabel 10 dan Tabel 11. Berdasarkan Tabel 10 dan 11, diperoleh bobot masing-masing saham yaitu saham BMRI sebesar 22,74%, INCO sebesar 10,11%, INDF sebesar 49,76%, INTP sebesar 18,75% dan SMGR sebesar -1,36%. Kemudian, hasil pembobotan pada portofolio 2 yaitu saham ADRO sebesar 7,08%, ANTM sebesar 9,62%, BBRI sebesar 34,05%, ERAA sebesar 24,80% dan UNVR sebesar 24,45%.

Hasil perhitungan bobot saham menunjukkan adanya bobot saham yang mempunyai nilai negatif, khususnya pada saham SMGR sebesar -1,36%. Hal ini mengindikasikan adanya *short sale* dalam pembobotan *Mean Variance Efficient Portfolio*. *Short sale* terjadi karena tidak semua investor menggunakan dana sendiri saat bertransaksi portofolio. Terdapat investor yang meminjam saham dan hasilnya digunakan untuk investasi pada saham lain, namun terdapat pula investor yang berinvestasi dengan menggunakan dana pinjaman, dan terdapat pula investor yang meminjamkan dananya pada tingkat bunga tertentu pada investor lain [18]. Konsep *short sale* adalah menjual sekuritas pada harga tinggi saat ini, untuk kemudian membeli kembali sekuritas tersebut pada harga yang lebih rendah di masa depan [19].

3.5. Perhitungan Ekspektasi Return Portofolio

Ekspektasi *return* didefinisikan sebagai return yang diharapkan oleh investor dalam pengambilan keputusan berinvestasi [20]. Ekspektasi *return* portofolio diperoleh dengan nilai ekspektasi dari return yang dapat dihitung dengan Persamaan 5.

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^{n} w_i E(R_i) \tag{5}$$

Tabel 3. Matrik Jarak *Euclidean*

	ADRO	ANTM	BBRI	BMRI	ERAA
ADRO	0	20714,23	21153,84	84486,75	44308,15
ANTM	20714,23	0	37832,42	103315,86	25742,88
BBRI	21153,84	37832,42	0	65752,14	63028,06
BMRI	84486,75	103315,86	65752,14	0	128237,97
ERAA	44308,15	25742,88	63028,06	128237,97	0

Tabel 4. Data hasil kelompok berdasarkan jarak *Euclidean* pada percobaan 3 *cluster*

Saham	C1	C2	C3	Jarak Terdekat Keanggotaan	
ADRO	107711,50	84486,75	50752,28	50752,28	C3
ANTM	124529,94	103315,86	68665,39	68665,39	C3
BBRI	87269,81	65752,14	32626,39	32626,39	C3
BMRI	31440,57	0	37615,65	0	C2
ERAA	149842,30	128237,97	93995,62	93995,62	C3
INCO	60653,93	37615,65	0	0	C3
INDF	56850,24	36887,85	16498,26	16498,26	C3
INTP	0	31440,57	60653,93	0	C1
SMGR	49314,79	28701,00	19449,3	19449,30	C3
UNTR	304314,63	323919,99	357921,42	304314,63	C1
UNVR	88901,81	66386,64	34437,37	34437,37	C3

Tabel 5. Data *Centroid* baru

Percobaan	Pusat	X_1	X_2	...	X_{248}
3	C1	11700	11475	...	9850
	C2	7050	7175	...	9950
	C3	4760	4650	...	7100

dimana, w_i adalah bobot saham i, dan R_i adalah ekspektasi dari *return* saham i. Dengan menggunakan Persamaan 5 diperoleh nilai ekspektasi *return*, R_i, dari portofolio saham 1 sebesar 0,000657 dan portofolio saham 2 sebesar 0,000133 yang proses perhitungannya diperlihatkan pada Tabel 12 dan 13.

3.6. Perhitungan Varians (Risiko) Portofolio

Varians adalah ukuran dari risiko suatu portofolio yang diformulasikan pada Persamaan 6 sebagai berikut:

$$S = w^T \sum w \tag{6}$$

dengan w adalah matriks bobot saham, w^T adalah matriks transpose dari matriks bobot saham, dan adalah matriks varians-kovarians return saham. Berdasarkan bobot saham portofolio 1 dan 2 yang diberikan pada Tabel 10 dan Tabel 11 maka matriks transpose dari matriks bobot portofolio saham adalah sebagai berikut:

1. Matriks transpose portofolio 1
   $\begin{bmatrix} 0,227371 & 0,101129 & 0,497642 & 0,187470 & -0,103612 \end{bmatrix}$
2. Matriks transpose portofolio 2
   $\begin{bmatrix} 0,070783 & 0,096226 & 0,340470 & 0,248059 & 0,244461 \end{bmatrix}$

Dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan 6 diperoleh bahwa nilai varians portofolio saham 1 sebesar 0,000080 dan portofolio saham 2 sebesar 0,000137. Dari hasil varians portofolio diketahui bahwa risiko portofolio 1 adalah 0,008953 dan risiko portofolio 2 adalah 0,011706. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa risiko investor ketika berinvestasi pada portofolio saham 1 lebih kecil dibandingkan risiko yang harus dihadapi investor ketika berinvestasi pada portofolio 2.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengelompokan dari 11 saham yang ada di indeks LQ45 yaitu saham ADRO, ANTM, BBRI, BMRI, ERAA, INCO, INDF, INTP, SMGR, UNTR dan UNVR dengan menggunakan *K-Means Clustering* terbentuk dua portofolio. Portofolio pertama terdiri dari saham BMRI, INCO, INDF, INTP dan SMGR. Lalu, portofolio kedua terdiri dari saham ADRO, ANTM, BBRI, ERAA, dan UNVR. Berdasarkan perhitungan metode MVEP, dapat diperoleh nilai bobot dari keseluruhan saham yang dibentuk. Portofolio pertama yang terdiri dari lima saham yang dianalisis menggunakan metode MVEP, diperoleh bobot setiap saham yaitu BMRI sebesar 22,74%, INCO sebesar 10,11%, INDF sebesar 49,76%, INTP sebesar 18,75% dan SMGR sebesar -1,36%. Kemudian, hasil pembobotan pada portofolio kedua untuk saham ADRO sebesar 7,08%, ANTM sebesar 9,62%, BBRI sebesar 34,05%, ERAA sebesar 24,80% dan UNVR sebesar 24,45%. Nilai varians portofolio saham 1 sebesar 0,000080 dan portofolio saham 2 sebesar 0,000137. Dari hasil varians portofolio diketahui bahwa risiko portofolio 1 adalah 0,008953 dan risiko portofolio 2 adalah 0,011706.

Tabel 6. Data hasil kelompok iterasi 2 percobaan 3 *cluster*

Saham	C1	C2	C3	Jarak Terdekat Keanggotaan	
ADRO	255762,72	84486,75	18140,54	18140,54	C3
ANTM	274068,48	103315,87	35405,66	35405,66	C3
BBRI	236656,01	65752,14	4303,41	4303,41	C3
BMRI	172639,76	0	68121,27	0	C2
ERAA	299334,47	128237,97	60472,71	60472,71	C3
INCO	206740,10	37615,65	34575,57	34575,57	C3
INDF	205655,15	36887,85	34407,06	34407,06	C3
INTP	152157,32	31440,57	90112,09	31440,57	**C2**
SMGR	198081,97	28701	42119,30	28701	**C2**
UNTR	152157,32	323919,99	390468,38	152157,32	C1
UNVR	237031,51	66386,64	7181,22	7181,22	C3

Tabel 7. Data *Centroid* baru iterasi 2

Percobaan	Pusat	X_1	X_2	...	X_{248}
	C1	21825	21925	...	25900
3	C2	8675	8675	...	8833,33
	C3	3532,86	3504,29	...	4173,14

Tabel 8. Data hasil kelompok iterasi 3 percobaan 3 *cluster*

Saham	C1	C2	C3	Jarak Terdekat Keanggotaan	
ADRO	255762,72	84486,75	18140,54	18140,54	C3
ANTM	274068,48	103315,87	35405,66	35405,66	C3
BBRI	236656,01	65752,14	4303,41	4303,41	C3
BMRI	172639,76	0	68121,27	0	C2
ERAA	299334,47	128237,97	60472,71	60472,71	C3
INCO	206740,10	37615,65	34575,57	34575,57	C3
INDF	205655,15	36887,85	34407,06	34407,06	C3
INTP	152157,32	31440,57	90112,09	31440,57	C2
SMGR	198081,97	28701	42119,30	28701	C2
UNTR	152157,32	323919,99	390468,38	152157,32	C1
UNVR	237031,51	66386,64	7181,22	7181,22	C3

Tabel 9. Hasil Pengelompokan Saham Dengan $k=3$

Saham	ADRO	ANTM	BBRI	BMRI	ERAA	INCO	INDF	INTP	SMGR	UNTR	UNVR
cluster	3	3	3	2	3	2	2	2	2	1	3

Tabel 10. Bobot Saham Portofolio 1

Saham	BMRI	INCO	INDF	INTP	SMGR
Bobot Saham	0,227371	0,101129	0,497642	0,187470	-0,013612

Tabel 11. Bobot Saham Portofolio 2

Saham	ADRO	ANTM	BBRI	ERAA	UNVR
Bobot Saham	0,070783	0,096226	0,340470	0,248059	0,244461

Tabel 12. Ekspektasi *Return* Portofolio 1

Saham	**Bobot Saham**	**Ekspektasi *return* saham**	**Ekspektasi *return* portofolio** $w_iE(R_i)$
BMRI	0,227371	0,001544	0,000351
INCO	0,101129	0,002086	0,000211
INDF	0,497642	0,000392	0,000195
INTP	0,187470	-0,000541	-0,000101
SMGR	-0,013612	-0,000106	0,000001
$\sum_{i=1}^{n} w_i$	1	$\sum_{i=1}^{n} w_iE(R_i)$	0,000657

Tabel 13. Ekspektasi *Return* Portofolio 2

Saham	**Bobot Saham**	**Ekspektasi *return* saham**	**Ekspektasi *return* portofolio** $w_iE(R_i)$
ADRO	0,070783	0,002014	0,000143
ANTM	0,096226	-0,000167	-0,000016
BBRI	0,340470	0,000732	0,000249
ERAA	0,248059	-0,001555	-0,000386
UNVR	0,244461	0,000584	0,000143
$\sum_{i=1}^{n} w_i$	1	$\sum_{i=1}^{n} w_iE(R_i)$	0,000133

References

[1] Nalini, "Optimal portfolio construction using sharpe's single index model-a study of selected stocks from bse," *International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences*, vol. 3, no. 12, pp. 72–93, 2014.

[2] Tandelilin.E, *Portofolio dan Investasi: Teori dan Aplikasi*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Kanisius, 2010.

[3] R. R. Margana, S. Artini, and L. Gede, "Pembentukan portofolio optimal menggunakan model indeks tunggal," Ph.D. dissertation, Udayana University, 2017.

[4] Hartono and Jogiyanto, *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Edisi Kesembilan. Yogyakarta: BPFE, 2010.

[5] D. Batuparan, "Bei news: Mengapa risk management? edisi 4," 2000.

[6] I. M. Di Asih and A. Purbowati, "Pengukuran value at risk pada aset tunggal dan portofolio dengan simulasi monte carlo," *Media Statistika*, vol. 2, no. 2, pp. 93–104, 2009.

[7] I. Ayuningtias, N. N. Debataraja, and N. Imro'ah, "Analisis cluster non-hirarki dengan metode k-modes," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 8, no. 4, 2019.

[8] Gudono, *Analisis Data Multivariat*. Yogyakarta: BPFE, 2016.

[9] V. Tola, F. Lillo, M. Gallegati, and R. N. Mantegna, "Cluster analysis for portfolio optimization," *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 32, no. 1, pp. 235–258, 2008.

[10] F. Ren, Y.-N. Lu, S.-P. Li, X.-F. Jiang, L.-X. Zhong, and T. Qiu, "Dynamic portfolio strategy using clustering approach," *PloS one*, vol. 12, no. 1, p. e0169299, 2017.

[11] S. Nanda, B. Mahanty, and M. Tiwari, "Clustering indian stock market data for portfolio management," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 12, pp. 8793–8798, 2010.

[12] I. P. Sanggup, N. Satyahadewi *et al.*, "Perhitungan nilai ekspektasi return dan risiko dari portofolio dengan menggunakan mean-variance efficient portfolio," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 3, no. 01, 2014.

[13] F. Nur, M. Zarlis, and B. B. Nasution, "Penerapan algoritma k-means pada siswa baru sekolah menengah kejuruan untuk clustering jurusan," *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 1, no. 2, pp. 100–105, 2017.

[14] E. Muningsih and A. Yogyakarta, "Optimasi jumlah cluster k-means dengan metode elbow untuk pemetaan pelanggan," *Pros. Semin. Nas. ELINVO*, pp. 105–114, 2017.

[15] A. Aditya, I. Jovian, and B. N. Sari, "Implementasi k-means clustering ujian nasional sekolah menengah pertama di indonesia tahun 2018/2019," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, pp. 51–58, 2020.

[16] P. Larasati and T. Yuniati, "Analisis portofolio optimal model indeks tunggal pada perusahaan perkebunan," *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen (JIRM)*, vol. 5, no. 3, 2016.

[17] F. Fabozzi and M. Investasi, "Buku 1," *Jakarta: Salemba Empat*, 1999.

[18] A. V. Yolanda, N. Satyahadewi, and S. W. Rizki, "Analisis risiko portofolio saham dengan metode varian-kovarian (studi kasus: Harga penutup saham mingguan dengan kode tlkm, hmsp dan inco periode 1 januari 2018-28 desember 2020)," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 11, no. 2.

[19] B. Rusli, E. Sulistianingsih, and S. W. Rizki, "Analisis portofolio optimal pada index saham lq 45 dengan multi-index models," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 7, no. 2, 2018.

[20] H. Jogiyanto, "Teori portofolio dan analisis investasi, edisi ketiga," *Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta*, 2003.