
Analisis Portofolio Optimal Saham LQ45 dengan Metode Multi Objektif dan Pengukuran Kinerja Portofolio Saham dengan Indeks Sharpe Pada Awal dan Akhir Pandemi Covid-19

Tiara Yosianti Solekhah¹

¹ Program Studi Statistika FMIPA Universitas Gadjah Mada

tiara.y@mail.ugm.ac.id

Abstrak. Investasi merupakan suatu proses penanaman modal dengan harapan akan mendapat keuntungan di masa depan. Salah satu instrumen investasi yang banyak dipilih investor adalah saham. Penting bagi investor untuk melakukan analisis portofolio saham yang optimal dimana dapat memberikan keuntungan yang diharapkan dan meminimalkan risiko kerugian. Namun, pandemi Covid-19 memberikan imbas pada sektor investasi yang ditunjukkan dengan menurunnya Indeks Harga Saham Gabungan selama pandemi. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran kinerja portofolio saham selama awal dan akhir pandemi. Pemilihan pada saham LQ45 dilakukan dengan K-Means *clustering*. Kemudian dibentuk portofolio optimum dengan metode multi objektif. Kinerja portofolio diukur menggunakan indeks sharpe. Diperoleh bobot portofolio optimal pada saham dengan $k = 10$ sebagai berikut: MDKA (24.96%), HRUM (15.73%), EMTK (23.28%), UNTR (29.28%), ERAA (1.13%), dan ARTO (5.61%). Ekspektasi return portofolio diperoleh sebesar 1.44% dengan risiko portofolio sebesar 0.015%. Diperoleh indeks sharpe di awal pandemi sebesar 0.2308 dan di akhir pandemi sebesar 0.11499.

Keywords : *K-Means Clustering, Multi Objektif, Indeks Sharpe, Portofolio Optimal*

1. Latar Belakang

Dewasa ini, investasi telah menjadi bagian dari dinamika kehidupan masyarakat terutama dalam bidang ekonomi. Investasi dilakukan melalui proses penanaman modal dengan harapan akan mendapat keuntungan di masa depan. Salah satu instrumen investasi yang banyak dipilih investor adalah saham karena dapat memberikan tingkat keuntungan yang menarik terutama saham-saham LQ45.

Menurut Bursa Efek Indonesia (BEI), saham dapat didefinisikan sebagai tanda penyertaan modal seseorang atau pihak (badan usaha) dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Indeks saham LQ45 merupakan kumpulan saham-saham terbaik yang terdiri dari 45 emiten di pasar modal yang dilihat dari likuiditasnya.

Sebelum berinvestasi, penting bagi investor untuk melakukan analisis portofolio saham yang optimal dimana dapat memberikan keuntungan yang diharapkan dan meminimalkan risiko kerugian. Namun, pandemi Covid-19 memberikan imbas pada sektor investasi yang ditunjukkan dengan menurunnya Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Nilai IHSG mengalami penurunan dari area 6300 hingga area 3900 dalam waktu tiga bulan

pada awal pandemi. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran kinerja portofolio saham selama awal dan akhir pandemi.

Analisis ini bertujuan untuk menentukan bobot portofolio optimum dari saham LQ45 dengan metode multi objektif dan metode minimum variansi sebagai pembanding. Saham penyusun portofolio dipilih sebanyak 6 saham dengan menggunakan metode K-Means *Clustering*. Untuk membandingkan kinerja portofolio saham selama awal dan akhir pandemi digunakan indeks sharpe.

2. Dasar Teori

Return saham dapat dihitung menggunakan formula *simple net return* sebagai berikut.

$$R_{it} = \frac{P_{it} - P_{it-1}}{P_{it-1}}$$

Metode K-Means *Clustering* digunakan untuk mencari saham-saham dengan karakteristik yang sama di satu klaster, tetapi berbeda karakteristik dengan klaster lain. Metode klaster ini termasuk *non hierarchical clustering* dalam *unsupervised learning*. Dasar pengelompokan saham dilihat berdasarkan nilai *expected return* dan variansi return dari masing-masing saham selama dua tahun periode pengamatan. Pada metode ini, ditentukan jumlah klaster yang akan dibentuk yaitu sebanyak 6 klaster. Metode K-Means *Clustering* sensitif terhadap data pencilon sehingga data harus distandarisasi terlebih dahulu. Algoritma K-Means *clustering* dimulai dengan menentukan k jumlah klaster dimana inisiasi k sebagai *centroid* dibangkitkan secara random. Kemudian dihitung jarak antar klaster terhadap *center* data dengan formula Euclidean (Nanda, Mahanty, & Tiwari, 2010). Formula jarak Euclidean yaitu:

$$D_{ij} = \sqrt{(X_{1i} - X_{1j})^2 + (X_{2i} - X_{2j})^2 + \dots + (X_{ki} - X_{kj})^2}$$

Perhitungan *center* setiap klaster dilakukan secara berulang. Kemudian dihitung jarak data dengan *center* data terbaru, Apabila tidak ada perubahan maka algoritma K-Means telah selesai.

Portofolio optimal merupakan portofolio yang yang dipilih oleh seorang investor dari sekumpulan portofolio yang efisien. Optimalisasi bobot portofolio dengan metode

multi objektif dilakukan dengan mencari bobot portofolio (w) yang dapat memaksimalkan *expected return* dan meminimalkan *risk* (variansi) untuk tingkat risiko tertentu. Vektor bobot portofolio saham dapat dihitung sebagai berikut.

$$w = \frac{1}{2k} \sum^{-1} \left[r - \left(\frac{1_n^T \Sigma^{-1} r - 2k}{1_n^T \Sigma^{-1} 1_n} \right) 1_n \right]$$

Pada formula di atas, jumlahan dari elemen-elemen vektor w adalah 1, Σ merupakan matriks variansi-kovariansi saham, $1_n = [1 \ 1 \ \dots \ 1]^T$ merupakan vektor elemen 1 sebanyak jumlah emiten, dan $r = [r_1 \ r_2 \ \dots \ r_n]$ merupakan vektor *expected value* setiap saham. Koefisien k mengindikasikan tingkat risiko. Nilai k rendah menunjukkan bahwa investor cenderung tidak menghindari risiko (*risk seeking*) sedangkan nilai k tinggi menunjukkan bahwa investor cenderung menghindari risiko (*risk averse*). Pada pemilihan bobot saham, nilai k harus memenuhi batasan parameter bobot yaitu $\Sigma w = 1$ dan $0 \leq w_i \leq 1$.

Diversifikasi portofolio dilakukan dengan cara memilih nilai k yang memenuhi asumsi batasan parameter bobot untuk mengurangi risiko dan dapat memberikan return tertinggi. Formula *expected return* portofolio dan *risk* portofolio berturut-turut yaitu:

$$E(R_p) = w_1 E(r_1) + \dots + w_p E(r_p) = w^T E(r)$$

$$Var(R_p) = w^T \Sigma w$$

Mean-variance portofolio merupakan portofolio yang memiliki variansi minimum diantara sekumpulan portofolio pada tingkat *mean expected return* yang sama. Hal tersebut dilakukan dengan mengoptimisasi bobot $w = (w_1, \dots, w_n)^T$, meminimalkan variansi $\frac{1}{2} w^T \Sigma w$, dan $w^T 1_n = 1$ yang menyatakan bahwa semua aset diinvestasikan tanpa meninggalkan dana. Oleh karena itu, akan diminimalkan fungsi Lagrange untuk mencari tahu w . Fungsi Lagrange yaitu

$$L = \frac{1}{2} w^T \Sigma w - \lambda (w^T 1_p - 1)$$

Langkah selanjutnya, mencari derivatif parsial L melalui setiap w_i , $i = 1, \dots, n$. Dimensi dari vector adalah n sehingga diperoleh

$$\Sigma w = \lambda 1_n; w = \lambda \Sigma^{-1} 1_n$$

Kemudian untuk mencari konstanta λ , substitusi w ke dalam fungsi Lagrange lalu diturunkan menuju dan sama dengan nol. Setelah mendapat nilai λ , substitusi λ ke w and diperoleh,

$$w = \frac{\Sigma^{-1}1_n}{1_n^T \Sigma^{-1} 1_n}$$

Indeks Sharpe didefinisikan sebagai salah satu metode untuk mengukur kinerja saham sebagai dasar pembentukan portofolio dengan formula sebagai berikut.

$$Sp = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

Pengukuran indeks sharpe dilakukan dengan membagi antara selisih rata-rata return portofolio p selama periode pengamatan (R_p) dan *risk free rate* (R_f) dengan nilai standar deviasi return portofolio p selama periode pengamatan (σ_p).

3. Analisis Data

3.1 Hasil dan pembahasan

Pada analisis ini, digunakan data saham LQ45 mingguan dengan periode 2 Maret 2020 yang merupakan masa awal pandemi hingga masa yang termasuk akhir pandemi, 2 Maret 2022. Data saham diperoleh dari laman Yahoo Finance. Dari 45 emiten yang tercatat pada saham LQ45, saham GOTO dan BUKA tidak disertakan karena tidak memenuhi periode data yang digunakan.

Dari data saham tersebut, dihitung *simple net return*. Kemudian, dihitung rata-rata return dan variansi return. Rata-rata return adalah *expected return* atau keuntungan yang diharapkan. Sedangkan, variansi return menunjukkan risiko kerugian. Digunakan saham-saham yang memiliki nilai *expected return* positif untuk mengurangi kemungkinan hasil nilai bobot saham yang negatif.

Dipilih saham optimal dari masing-masing klaster dengan kriteria nilai *expected return* tertinggi sebagai penyusun portofolio sebagai berikut.

Tabel 1. Saham optimal setiap klaster

Klaster	<i>Expected Return</i>	<i>Variance (Risk)</i>	<i>Emiten</i>
1	0.0126	0.0040	MDKA

2	0.0259	0.0085	HRUM
3	0.0177	0.0067	EMTK
4	0.0050	0.0027	UNTR
5	0.0069	0.0048	ERAA
6	0.0278	0.0274	ARTO

Keenam saham di atas selanjutnya digunakan dalam perhitungan dengan metode multi objektif portofolio. Optimalisasi bobot portofolio dengan metode multi objektif dilakukan dengan memilih bobot saham, nilai k harus memenuhi batasan parameter bobot yaitu $\sum w = 1$ dan $0 \leq w_i \leq 1$.

Tabel 2. Bobot portofolio saham

Saham	k				
	10	20	50	100	1000
MDKA	0.2496	0.2287	0.2161	0.2119	0.2082
HRUM	0.1573	0.1052	0.0739	0.0635	0.0541
EMTK	0.2328	0.2100	0.1963	0.1918	0.1877
UNTR	0.2928	0.3625	0.4044	0.4184	0.4309
ERAA	0.0113	0.0482	0.0704	0.778	0.0844
ARTO	0.0561	0.4528	0.0388	0.0366	0.0346

Berdasarkan hasil komputasi, untuk nilai $k = 0.01, 0.1, 1, 2$, dan 5 terdapat nilai bobot yang negatif. Hal ini dikarenakan untuk nilai k yang rendah akan dicari saham yang memberikan return tertinggi dan pada umumnya memiliki *risk* yang tinggi pula. Hal tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh bahwa saham dengan return tertinggi (ARTO) memiliki *risk* yang paling tinggi.

Tabel 3. *Expected return* dan *risk* portofolio

	k				
	10	20	50	100	1000
<i>Expected return</i>	0.0144	0.0127	0.0117	0.0114	0.0111
<i>Risk</i>	0.0015	0.0014	0.0014	0.0014	0.0013

Terlihat bahwa *risk* antar satu nilai k dengan yang lainnya tidak berbeda secara signifikan. Pada nilai k yang semakin besar, *expected return* akan semakin kecil karena diversifikasi bobot saham pada return tertinggi (ARTO) berkurang dan dialokasikan untuk

saham dengan *risk* yang rendah (UNTR). Kemudian, dihitung nilai indeks sharpe untuk mengukur kinerja saham.

Tabel 4. Indeks sharpe portofolio

k	Indeks Sharpe
10	0.3693924
20	0.3402419
50	0.3169194
100	0.3082433
1000	0.3000844

Berdasarkan tabel di atas, portofolio dengan nilai $k = 10$ memiliki indeks sharpe tertinggi sehingga dipilih nilai $k = 10$ sebagai dasar pembentukan portofolio saham. Dengan demikian, akan dialokasikan 24.96% dari modal untuk saham MKDA, 15.73% untuk HRUM, 23.28% untuk EMTK, 29.28% untuk UNTR, 1.13% untuk ERAA, dan 5.61% untuk ARTO.

Kinerja portofolio saham pada awal dan akhir pandemi diukur menggunakan indeks sharpe. Setelah dihitung, pada awal pandemi diperoleh indeks sharpe sebesar 0.2308 sedangkan pada akhir pandemi sebesar 0.11499 yang artinya keenam saham pada portofolio menunjukkan penurunan kinerja di masa akhir pandemi. Hal ini menunjukkan pandemi Covid-19 memiliki imbas yang signifikan terhadap dunia investasi saham.

Sedangkan, apabila dihitung menggunakan metode *minimum variance* diperoleh indeks sharpe sebesar 0.2987 yang lebih kecil dari metode multi objektif dengan $k = 10$. Dengan demikian, metode multi objektif lebih baik untuk digunakan dalam mencari bobot portofolio saham.

2.2 Simulasi portofolio

Seorang investor tertarik untuk menginvestasikan dana sebesar Rp1.000.000.000 pada saham MDKA, HRUM, EMTK, UNTR, ERAA, dan ARTO. Analisis *performance* portofolio dilakukan selama 1 minggu dengan data saham periode 21 September 2022 hingga 29 September 2022 (tanggal merah tidak diikutkan).

Tabel 5. Simulasi portofolio saham

Tanggal	Investasi	Profit/Loss	Keterangan
Sep 21, 2022	1000000000.000		

Sep 22, 2022	1011510823.646	11510823.646	<i>Profit</i>
Sep 23, 2022	993763117.758	-17747705.888	<i>Loss</i>
Sep 26, 2022	963305240.308	-30457877.450	<i>Loss</i>
Sep 27, 2022	964091918.784	786678.476	<i>Profit</i>
Sep 28, 2022	935330964.167	-28760954.617	<i>Loss</i>
Sep 29, 2022	934997100.057	-333864.110	<i>Loss</i>

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa investor akan mendapatkan keuntungan pada tanggal 22 September 2022 dan 27 September 2022. Sedangkan, pada tanggal 23, 26, 28, dan 29 investor mendapat kerugian. Keuntungan dan kerugian yang diperoleh berdasarkan tabel di atas tergolong dinamis. Fluktuasi untung dan rugi terjadi dengan jarak waktu yang singkat atau dapat berubah hanya dalam waktu beberapa hari. Seorang investor dapat menjual sahamnya ketika analisa *profit/loss* mengindikasikan keuntungan. Sebaliknya, investor dapat membeli saham ketika harga saham sedang rendah.

4. Penutup

Optimalisasi bobot portofolio dengan metode multi objektif dilakukan untuk memaksimalkan *expected return* dan meminimalkan *risk* (variansi) pada tingkat risiko tertentu dengan mencari bobot portofolio pada berbagai nilai k . Digunakan data saham LQ45 pada periode 2 Maret 2020 hingga 2 Maret 2022. Pemilihan 6 saham untuk portofolio ditentukan dengan metode K-Means dimana dari setiap kluster dipilih saham dengan nilai *expected return* paling tinggi. Saham untuk pembentukan portofolio diperoleh saham MDKA, HRUM, EMTK, UNTR, ERAA, dan ARTO. Kemudian dibentuk bobot portofolio saham dengan metode multi objektif dan perhitungan indeks sharpe. Diperoleh indeks sharpe pada nilai $k = 10$ sebesar 0.3693924 yang lebih besar daripada nilai k yang lain maupun indeks sharpe dari metode variansi minimum.

Bobot portofolio optimal pada saham dengan $k = 10$ sebagai berikut: MDKA (24.96%), HRUM (15.73%), EMTK (23.28%), UNTR (29.28%), ERAA (1.13%), dan ARTO (5.61%). Ekspektasi return portofolio diperoleh sebesar 1.44% dengan risiko portofolio sebesar 0.015%. Kinerja portofolio diukur dengan indeks sharpe, diperoleh indeks sharpe di awal pandemi sebesar 0.2308 dan di akhir pandemi sebesar 0.11499. Apabila diinvestasikan dana 1 miliar pada keenam saham tersebut selama satu minggu dari

tanggal 21 September 2022 hingga 29 September 2022, maka akan mendapatkan kejadian *profit* dua kali dan *loss* empat kali.

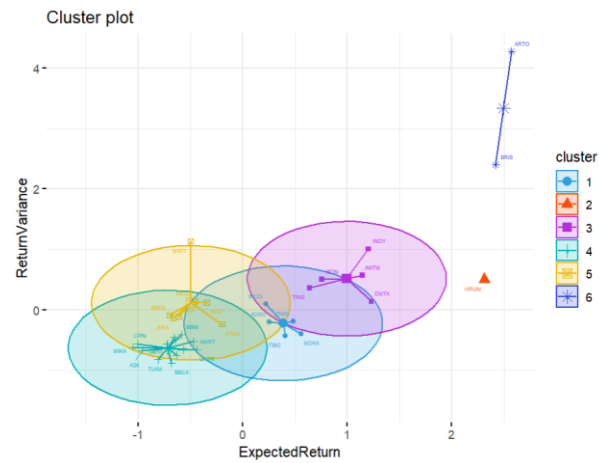
Pada analisis ini masih terdapat kekurangan dimana hanya digunakan metode *clustering* berupa K-Means. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat digunakan metode K-Medoid sebagai pembanding K-Means dalam menentukan komposisi saham terpilih pada portofolio.

Daftar Pustaka

- [1] Duan, Y. C. A Multi-Objective Approach to Portofolio Optimization. *Rose-Hulman Undergraduate Mathematics Journal*. 8(1). 2007.
- [2] Indonesia Stock Exchange, <https://www.idx.co.id>, diakses pada tanggal 1 Oktober 2022.
- [3] Kireyna, Hanna., *Mengukur Kinerja Portofolio Saham Menggunakan Metode Indeks Sharpe, Treynor, dan Jensen Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19*, Skripsi, Manajemen Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta, 2022.
- [4] S. R. Nanda, B. Mahanty, M. K. Tiwari. Clustering Indian Stock Market Data for Portfolio Management. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.026>
- [5] Siregar, Bakti, F. Anton P. Portfolio Optimization Based on Clustering of Indonesia Stock Exchange: A Case Study of Index LQ45. *Indonesian Journal of Business Analytics*. 1(1): 59-70. 2021.
- [6] Yahoo Finance, www.finance.yahoo.com, diakses pada tanggal 1 Oktober 2022.

Lampiran

Lampiran – 1: Elips konfidensi



Lampiran – 2: Hasil kluster saham-saham LQ45

```
> print(km.res)
K-means clustering with 6 clusters of sizes 5, 1, 5, 15, 7, 2

Cluster means:
  ExpectedReturn ReturnVariance
1      0.3867192      -0.2270313
2      2.3101319      0.4994541
3      0.9959010      0.5150538
4     -0.7167399     -0.6274351
5     -0.4948999      0.1140997
6      2.4960826      3.3366308

Clustering vector:
ADRO ARTO ASII BBKA BBNI BBRI BBTN BFIN BRIS BRPT CPIN EMTK ERAA EXCL HRUM INCO INDY INKP ITMG JPFA KLBF MDKA MEDC
1   6   4   4   4   4   5   3   6   5   4   3   5   4   2   1   3   5   1   5   4   1   5
MIKA PGAS PTBA TBIG TINS TLKM TOWR TPJA UNTR AMRT ANTM BMRI
4   5   4   1   3   4   4   4   4   4   3   4

Within cluster sum of squares by cluster:
[1] 0.2604975 0.0000000 0.7154064 0.7124578 1.5156127 1.7753472
(between_SS / total_SS = 92.7 %)

Available components:

[1] "cluster"      "centers"      "totss"        "withinss"     "tot.withinss" "betweenss"    "size"
[8] "iter"         "ifault"
```

Lampiran – 3: Maksimum *expected return* saham dari setiap kluster

```
> keTompok
# A tibble: 6 × 2
  cluster meanMax
  <fct>      <dbl>
1 1          0.0126
2 2          0.0259
3 3          0.0172
4 4          0.00505
5 5          0.00688
6 6          0.0278
```

Lampiran – 4: Matriks variansi-kovariansi

```
> covarRt
      MDKA      HRUM      EMTK      UNTR      ERAA      ARTO
MDKA 0.0040223527 0.0009264419 0.0001285834 0.0006327200 0.0016858920 0.0009593386
HRUM 0.0009264419 0.0085026262 0.0005441847 0.0011279767 0.0010276356 0.0011152852
EMTK 0.0001285834 0.0005441847 0.0066782752 -0.0002494328 0.0013324448 0.0013774722
UNTR 0.0006327200 0.0011279767 -0.0002494328 0.0026966550 0.0006754231 -0.0002564662
ERAA 0.0016858920 0.0010276356 0.0013324448 0.0006754231 0.0047976808 0.0001215546
ARTO 0.0009593386 0.0011152852 0.0013774722 -0.0002564662 0.0001215546 0.0273928957
```

Lampiran – 5: Perhitungan bobot portofolio

```
> multi_objective_portfolio(0.01)
      [,1]
MDKA  42.04624
HRUM  104.33053
EMTK   45.76331
UNTR -139.11825
ERAA  -73.75909
ARTO   21.73727
> multi_objective_portfolio(0.1)
      [,1]
MDKA   4.391616
HRUM  10.480809
EMTK   4.744847
UNTR -13.522738
ERAA  -7.299251
ARTO   2.204716
> multi_objective_portfolio(1)
      [,1]
MDKA  0.6261538
HRUM  1.0958365
EMTK   0.6430012
UNTR -0.9631864
ERAA -0.6532667
ARTO  0.2514616
> multi_objective_portfolio(20)
      [,1]
MDKA  0.22868838
HRUM  0.10520056
EMTK   0.21002854
UNTR  0.36254404
ERAA  0.04825381
ARTO  0.04528466
> multi_objective_portfolio(50)
      [,1]
MDKA  0.21613684
HRUM  0.07391732
EMTK   0.19635572
UNTR  0.40440922
ERAA  0.07040709
ARTO  0.03877381
> multi_objective_portfolio(2)
      [,1]
MDKA  0.4169615
HRUM  0.5744492
EMTK   0.4151209
UNTR -0.2654335
ERAA -0.2840454
ARTO  0.1429474
> multi_objective_portfolio(5)
      [,1]
MDKA  0.29144608
HRUM  0.26161677
EMTK   0.27839264
UNTR  0.15321818
ERAA -0.06251259
ARTO  0.07783891
> multi_objective_portfolio(10)
      [,1]
MDKA  0.24960761
HRUM  0.15733929
EMTK   0.23281658
UNTR  0.29276876
ERAA  0.01133168
ARTO  0.05613608
> multi_objective_portfolio(100)
      [,1]
MDKA  0.21195299
HRUM  0.06348957
EMTK   0.19179811
UNTR  0.41836427
ERAA  0.07779152
ARTO  0.03660353
> multi_objective_portfolio(1000)
      [,1]
MDKA  0.20818753
HRUM  0.05410460
EMTK   0.18769627
UNTR  0.43092383
ERAA  0.08443750
ARTO  0.03465027
```

Lampiran – 6: Perhitungan *expected return* portofolio

```
> t(multi_objective_portfolio(0.01))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 3.431796
> t(multi_objective_portfolio(0.1))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.3531056
> t(multi_objective_portfolio(1))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.04523653
> t(multi_objective_portfolio(2))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.0281327
> t(multi_objective_portfolio(5))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.01787039
> t(multi_objective_portfolio(10))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.01444963
> t(multi_objective_portfolio(20))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.01273924
> t(multi_objective_portfolio(50))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.01171301
> t(multi_objective_portfolio(100))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.01137094
> t(multi_objective_portfolio(1000))%*%t(ReturnMat)
      [,1]
[1,] 0.01106307
```

Lampiran – 7: Perhitungan *risk* portofolio

```
> t(multi_objective_portfolio(0.01))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(0.01)
[1,]
[1,] 171.0397
> t(multi_objective_portfolio(0.1))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(0.1)
[1,]
[1,] 1.711743
> t(multi_objective_portfolio(1))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(1)
[1,]
[1,] 0.01846296
> t(multi_objective_portfolio(2))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(2)
[1,]
[1,] 0.005635082
> t(multi_objective_portfolio(5))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(5)
[1,]
[1,] 0.002043277
> t(multi_objective_portfolio(10))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(10)
[1,]
[1,] 0.001530162
> t(multi_objective_portfolio(20))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(20)
[1,]
[1,] 0.001401883
> t(multi_objective_portfolio(50))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(50)
[1,]
[1,] 0.001365965
> t(multi_objective_portfolio(100))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(100)
[1,]
[1,] 0.001360834
> t(multi_objective_portfolio(1000))%%CovarRt%%multi_objective_portfolio(1000)
[1,]
[1,] 0.00135914
```

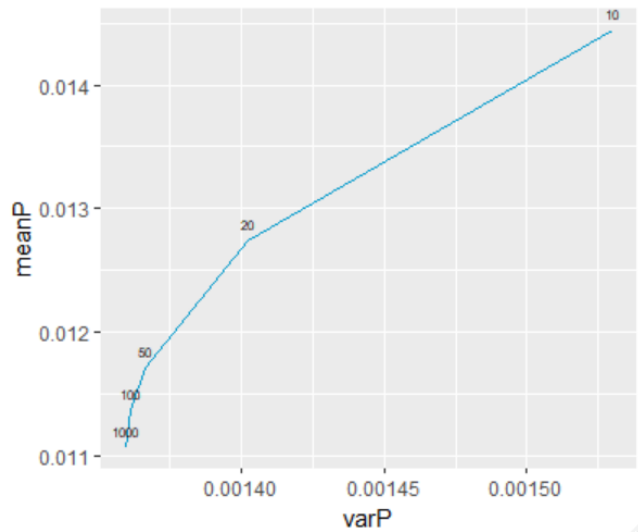
Lampiran – 8: Indeks sharpe portofolio

```
> shPorto
      k  sharpeP
1    10 0.3693924
2    20 0.3402419
3    50 0.3169194
4   100 0.3082433
5  1000 0.3000844
```

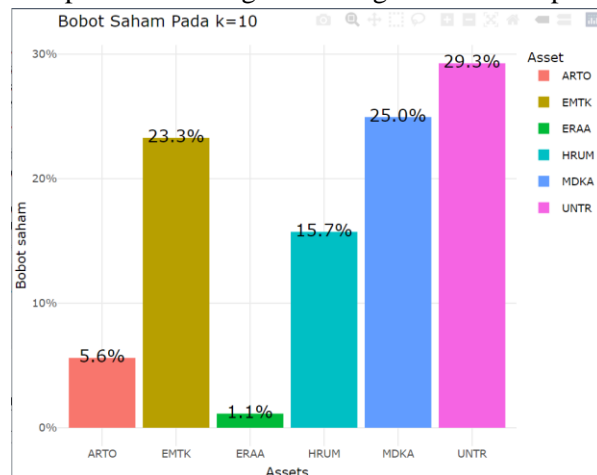
Lampiran – 9: Indeks sharpe pada awal dan akhir pandemi

```
> shapeRatioPdm
SharpeAwalP SharpeAkhirP
1    0.2308352    0.1149902
```

Lampiran – 10: Plot return vs *risk* pada berbagai nilai k



Lampiran – 11: Diagram batang bobot saham pada k = 10



Lampiran – 12: Perhitungan indeks sharpe pada metode minimum variansi

```
> summary(gmin.port, risk.free=r.free)
Call:
globalMin.portfolio(er = er[, 1], cov.mat = CovarRt, shorts = FALSE)

Portfolio expected return: 0.01101291
Portfolio standard deviation: 0.03686629
Portfolio Sharpe Ratio: 0.2987257
Portfolio weights:
[1] 0.2078 0.0531 0.1872 0.4323 0.0852 0.0344
```

Lampiran – 13: Banyak saham portofolio pada tanggal 21 September 2022

Saham	Bobot Saham	Banyak Saham Awal
MDKA	0.2496	60292
HRUM	0.1573	82810

EMTK	0.2328	134576
UNTR	0.2928	8529
ERAA	0.0113	24527
ARTO	0.0561	7435
