

PERBANDINGAN KINERJA PORTOFOLIO GLOBAL MINIMUM VARIANSI BERDASARKAN EKSISTENSI KENDALA BOBOT ASET POSITIF

Nurwahidah^{1*}

¹Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

* Corresponding Author. Email: nurwahidah.abidin@uin-alauddin.ac.id

Received: 8 Januari 2023; Revised: 18 Februari 2023 ; Accepted: 30 Maret 2023

ABSTRAK

Tingginya risiko yang dihadapi investor dalam melakukan investasi saham membuat pentingnya penggunaan strategi investasi yang dapat meminimalkan risiko dan memaksimalkan imbal hasil. Pembentukan portofolio merupakan salah satu usaha untuk mengurangi risiko dalam berinvestasi. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan kinerja portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif dengan portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif menggunakan ukuran kinerja sharpe ratio. Pembentukan portofolio GMV dengan tanpa kendala bobot aset positif dilakukan dengan pendekatan tradisional dan pembentukan portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif dilakukan menggunakan pendekatan quadratic programming. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif menunjukkan nilai sharpe ratio yang lebih tinggi dibandingkan portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif. Sehingga dapat dikatakan bahwa portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif memiliki kinerja yang lebih baik daripada portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif.

Kata Kunci: saham, portofolio, Markowitz

ABSTRACT

Investors face high risk in stock investing. It is important to use investment strategies that can minimize risk and maximize return. Building a portfolio is a solution to minimize risk in investing. This study compares the performance of Global Minimum Variance Portfolio (GMV) without positive weight asset constraint and GMV with positive weight asset constraint. The performance of each portfolio is measured by sharpe ratio. The portfolio without positive weight asset builds by Markowitz method with traditional approachment, while the portfolio with positive weight asset builds by Markowitz method with quadratic programming approachment. Based on the conducted research, it describes that GMV portfolio with positive asset weight constraint shows a higher value of sharpe index than GMV portfolio without positive asset weight constraint. Thus, the study concludes that the GMV portfolio with positive asset weight constraint has better performance than the GMV portfolio without positive asset weight constraint.

Keywords: stock, portfolio, Markowitz

How to Cite: (akan diisi oleh editor jurnal)

Permalink/DOI:

(akan diisi oleh editor jurnal)

I. PENDAHULUAN

Setiap manusia melakukan berbagai aktivitas ekonomi untuk bertahan hidup di dunia. Aktivitas ekonomi yang dilakukan oleh manusia selalu membutuhkan dana. Manusia bekerja



untuk menghasilkan uang dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya. Jangka waktu pemenuhan kebutuhan hidup manusia terdiri atas jangka pendek, dan jangka panjang. Kebutuhan hidup jangka pendek merupakan kebutuhan hidup manusia yang sifatnya mendesak untuk dipenuhi demi kelangsungan hidup, seperti makanan, minuman, listrik, dan air bersih. Sedangkan kebutuhan hidup jangka panjang merupakan kebutuhan hidup manusia yang pemenuhannya dilakukan pada masa yang akan datang seperti dana pensiun, haji, umrah, kuliah anak, dan pernikahan anak. Dana yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari bisa diperoleh dari upah kerja, sedangkan kebutuhan jangka panjang dengan dana tidak sedikit perlu sebuah proses untuk pemenuhannya. Pemenuhan kebutuhan manusia yang sifatnya jangka menengah atau jangka panjang dapat dilakukan dengan membuat tabungan atau berinvestasi.

Investasi merupakan sebuah usaha menanamkan modal atau sejumlah dana pada saat sekarang agar memperoleh keuntungan di masa depan. Investor yang menanamkan modalnya di pasar modal umumnya mengalokasikan dananya di beberapa instrument keuangan untuk meminimumkan risiko dan mengoptimalkan keuntungan (*return*) (Ahuja, 2015). Kumpulan aset milik investor disebut portofolio aset (Febriyanto, 2018). *Harry Max Markowitz* merupakan seorang ekonom yang memperkenalkan teori portofolio. Teori ini memiliki tujuan untuk menentukan bobot aset yang dapat menghasilkan *return* yang maksimal dengan risiko seminimal mungkin.

Portofolio Global Minimum Variansi (GMV) merupakan salah satu pengembangan dari teori Markowitz yang meminimalkan nilai variansi. Nilai variansi dalam teori portofolio merepresentasikan ukuran risiko portofolio atau aset. Dengan demikian, portofolio GMV terletak pada ujung kiri kurva *efficient frontier* karena memiliki variansi yang terkecil diantara semua portofolio pada kurva *efficient frontier* (Yang, Couillet, & McKay, 2015). Portofolio GMV dapat dibentuk melalui berbagai macam pendekatan. Pendekatan tradisional dan *Ordinary Least Square* (OLS) merupakan pendekatan yang paling sering dilakukan. Pembentukan portofolio juga dapat dilakukan dengan pendekatan estimasi Bayesian (Bodnar, Mazur, & Okhrin, 2017) dan *robust regression* untuk beberapa model tertentu (Maillet, Tokpavi, & Vaucher, 2015). Portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif juga dapat dibentuk menggunakan pendekatan matriks (John, Logubayom, & J, 2017). Selain itu, pembentukan portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif juga dapat dibentuk menggunakan pendekatan *quadratic programming* dengan metode simpleks sebagai penyelesaiannya (A. S. & P. O., 2016).

Portofolio GMV memiliki banyak variasi. Berdasarkan ada tidaknya *short sale*, portofolio GMV terbagi atas portofolio GMV yang memungkinkan terjadinya *short sale* dan tanpa *short*

sale. Portofolio GMV yang memungkinkan terjadinya *short sale* ditandai dengan adanya bobot aset negatif, sedangkan portofolio GMV tanpa *short sale* diberi kendala bobot aset positif untuk menghindari bobot aset negatif. Short sale sendiri adalah sebuah strategi investasi yang memberi peluang pada investor untuk meminjam sekuritas kemudian menjualnya di pasar dengan tujuan melakukan pembelian uang sekuritas tersebut saat harganya turun dan mengembalikannya dengan nilai rendah agar memperoleh keuntungan. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan kinerja portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif dengan portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif menggunakan ukuran kinerja *sharpe ratio*. Pembentukan portofolio GMV dengan tanpa kendala bobot aset positif dilakukan dengan pendekatan tradisional dan pembentukan portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif dilakukan menggunakan pendekatan *quadratic programming*. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya studi empiris terhadap penerapan metode optimasi non-linear dalam bidang keuangan dan juga menambah pengetahuan pembaca tentang dunia investasi.

II. METODE PENELITIAN

A. Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data harga penutupan harian saham-saham pada indeks LQ45 sepanjang rentang waktu 1 Juni 2017 sampai dengan 29 November 2019. Terdapat 9 saham korporasi yang digunakan dalam penelitian ini yakni ADRO (PT. Adaro Energy Indonesia Tbk), ANTM (PT. Aneka Tambang Tbk), CTRA (PT. Ciputra Development Tbk), EXCL (PT. XL Axiata Tbk), ICBP (PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk), INCO (PT. Vale Indonesia Tbk), KLBF (PT. Kalbe Farma Tbk), PGAS (PT. Perusahaan Gas Negara Tbk) dan PTBA (PT. Bukit Asam Tbk). Pemilihan 9 saham tersebut didasarkan pada return individual yang bernilai positif dan konsisten berada dalam indeks LQ45 selama rentang waktu 1 Juni 2017 sampai 29 November 2019. Selain itu, data *BI-7 Day Reverse Repo Rate* yang bersesuaian dengan data saham juga digunakan sebagai tingkat bunga bebas risiko (*risk free rate*) dalam penelitian ini. Semua data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari *website yahoo finance* dan Badan Pusat Statistika Indonesia (BPS).

B. Tahap pelaksanaan /Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas 2 prosedur utama, yakni pembentukan portofolio dan perhitungan kinerja portofolio. Secara rinci, prosedur analisis data dalam penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Menghitung *return* (imbah hasil) setiap saham.

$$R_{ti} = \frac{p_{ti} - p_{(t-1)i}}{p_{(t-1)i}}$$

Keterangan:

R_{ti} : *return* (imbah hasil) aset i saat waktu t

p_{ti} : harga penutupan saham i saat waktu t

$p_{(t-1)i}$: harga penutupan saham i saat waktu $t - 1$

2. Menentukan *expected return* (imbah hasil yang diharapkan) dari setiap saham.

$$E(R_i) = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ti}}{n}$$

3. Menentukan variansi *return* setiap saham.

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{ti} - E(R_i))^2}{n}$$

4. Menentukan standar deviasi setiap saham.

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2}$$

5. Menentukan kovariansi antar 2 saham pada portofolio.

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n [(R_{it} - E(R_i)) \cdot (R_{jt} - E(R_j))]}{n}$$

Keterangan:

σ_{ij} : kovariansi *return* saham i dan j

R_{it} : *return* saham i pada waktu t

R_{jt} : *return* saham j pada waktu t

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

$E(R_j)$: *expected return* saham j

n : banyaknya data *return* pada periode pengamatan

6. Menentukan koefisien korelasi.

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}$$

Keterangan:

σ_{ij} : kovariansi *return* saham *i* dan *j*

σ_i : Standar deviasi saham *i*

σ_j : Standar deviasi saham *j*

7. Menentukan bobot saham dalam portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif.

$$\begin{aligned} \min_x \quad & f = \frac{1}{2} x^T \Sigma x \\ \text{Kendala} \quad & \sum_{i=1}^n x_i = 1, i = 1, \dots, n \\ & E[R_p] \geq \overline{E[R_i]} \end{aligned}$$

Masalah optimasi diselesaikan menggunakan metode tradisional dengan pendekatan aljabar matriks. Bobot saham x_i dalam portofolio ditentukan dengan meminimalkan fungsi tujuan f terhadap kendala sebagai berikut:

- $\sum_{i=1}^N x_i = 1$ menyatakan jumlah bobot saham dalam portofolio sama dengan 1. x_i merupakan bobot saham *i* dalam portofolio.
 - $E[R_p] \geq \overline{E[R_i]}$ menyatakan *expected return* portofolio lebih besar dari atau sama dengan rata-rata *expected return* saham individu.
8. Menentukan bobot saham dalam portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif.

$$QP_M \begin{cases} \min_x & f = \frac{1}{2} x^T \Sigma x \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^N x_i = 1, i = 1, \dots, N \\ & E[R_p] = \sum_{i=1}^N x_i \times E[R_i] \geq \overline{E[R_i]} \\ & x \geq 0 \end{cases}$$

Masalah optimasi QP_M diselesaikan menggunakan *quadratic programming*. $x \geq 0$ menyatakan bahwa bobot saham dalam portofolio bernilai positif.

9. Menghitung *expected return* portofolio.

$$E[R_p] = \sum_{i=1}^N x_i \times E[R_i]$$

10. Menentukan standar deviasi portofolio.

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}}$$

11. Menentukan Indeks Sharpe untuk mengukur kinerja portofolio.

$$S_p = \frac{E(R_p) - r_f}{\sigma_p}$$

Keterangan:

S_p : Indeks *Sharpe*

$E(R_p)$: Imbal hasil portofolio yang diharapkan

r_f : tingkat bunga bebas risiko

σ_p : standar deviasi portofolio

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas tentang hasil analisis data menggunakan metode Markowitz dengan pendekatan tradisional dalam pembentukan portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif dan pembentukan portofolio GMV disertai kendala bobot aset positif dengan pendekatan *quadratic programming*. Hasil dari perhitungan *expected return* (imbal hasil yang diharapkan) dan standar deviasi (ukuran risiko) dari saham individu yang disertakan dalam portofolio adalah sebagai berikut:

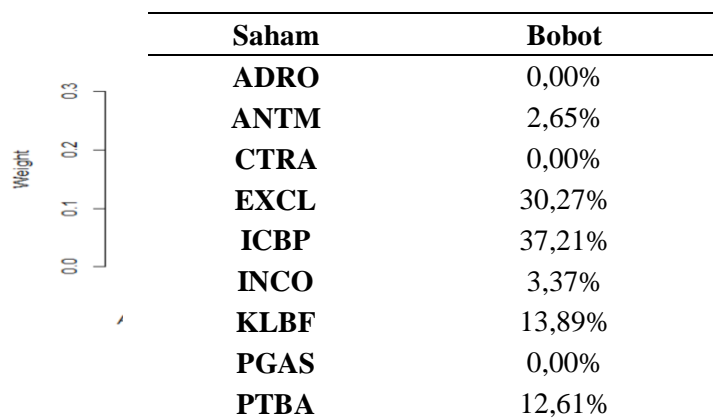
Tabel 1: *Expected Return* dan Standar Deviasi Saham Individu

Saham	Expected Return	Standar Deviasi
ADRO	0,000015	0,026064
ANTM	0,000272	0,025682
CTRA	0,000179	0,026406
EXCL	0,000585	0,028409
ICBP	0,000507	0,014244
INCO	0,001059	0,027041
KLBF	0,000152	0,018316
PGAS	0,000123	0,030786
PTBA	0,000469	0,024724

Hasil perhitungan *expected return* dan standar deviasi saham individu pada Tabel 1 menyatakan bahwa ADRO, CTRA dan PGAS memiliki standar deviasi yang tinggi dan *expected return* yang rendah, sedangkan saham yang lain menunjukkan *expected return* yang tinggi dan standar deviasi yang tinggi. Dalam dunia investasi, risiko yang semakin tinggi selalu diiringi dengan imbal hasil yang semakin tinggi. Hal ini tidak diperlihatkan oleh ADRO, CTRA, dan PGAS.

Tabel 2: Komposisi aset pada Portofolio GMV tanpa kendala bobot positif

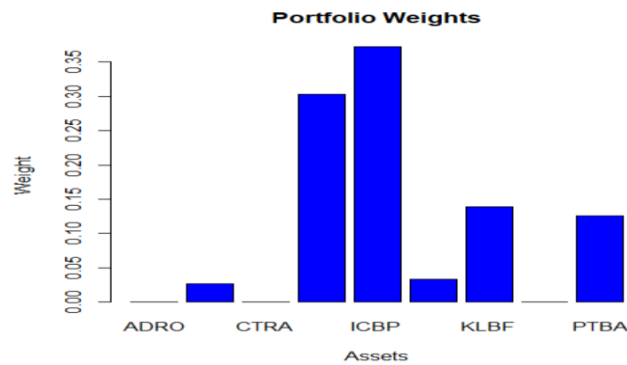
Saham	Bobot
ADRO	-5,36%
ANTM	3,21%
CTRA	-4,66%
EXCL	38,67%
ICBP	36,28%
INCO	4,19%
KLBF	14,71%
PGAS	-1,49%
PTBA	14,45%



Gambar 1. Diagram bobot aset pada portofolio GMV tanpa kendala bobot positif

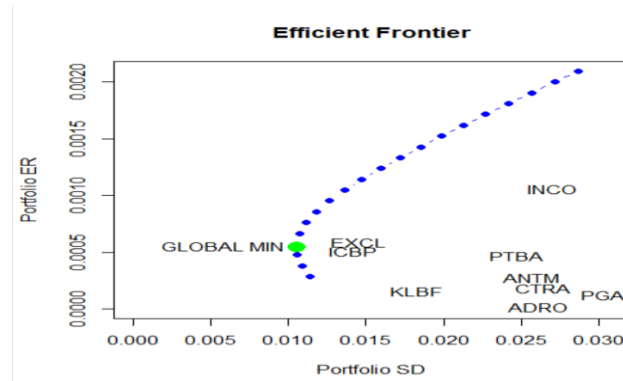
Tabel 2 dan Gambar 1 menunjukkan komposisi aset pada portofolio GMV tanpa kendala bobot positif. Pada Tabel 2 tampak bahwa bobot saham ADRO, CTRA, dan PGAS bernilai negatif, sedangkan saham yang lainnya bernilai positif. Hal ini berkaitan dengan Tabel 1 dimana ADRO, CTRA dan PGAS menunjukkan nilai standar deviasi yang tinggi dan *expected return* yang rendah, Bobot aset yang negatif menunjukkan bahwa strategi *short sale* dapat dilakukan pada saham ADRO, CTRA, dan PGAS. Saham EXCL memiliki proporsi sebesar 38,67% dari total aset dalam portofolio. Saham ICBP dan KLBF secara berturut-turut menduduki proporsi terbesar kedua dan ketiga dalam portofolio. Alokasi aset terkecil dalam portofolio ditunjukkan oleh saham ANTM dengan bobot sebesar 3,21% dari total aset

Tabel 3: Komposisi Aset pada Portofolio GMV dengan kendala bobot positif



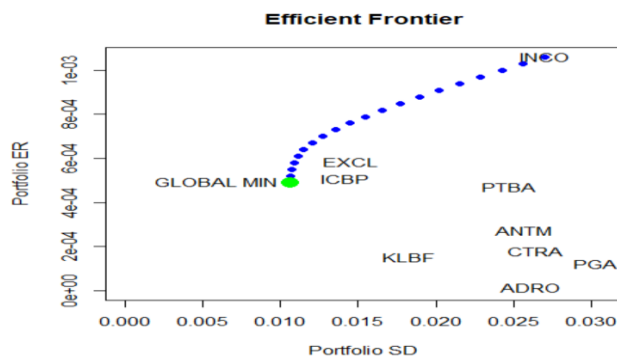
Gambar 2. Diagram bobot aset pada portofolio GMV dengan kendala bobot positif

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dalam pembentukan portofolio GMV dengan kendala bobot positif, diperoleh hasil bahwa saham ADRO, CTRA, dan PGAS tidak memiliki kontribusi dalam portofolio atau memiliki bobot bernilai 0%. Hal ini masih berhubungan dengan hasil perhitungan standar deviasi yang tinggi dan *expected return* yang rendah pada Tabel 1. Sehingga, saham-saham tersebut tidak cocok untuk ditempatkan pada portofolio GMV dengan kendala bobot positif. Saham ICBP memiliki proporsi tertinggi dalam portofolio karena saham tersebut memiliki nilai standar deviasi terendah dan nilai *expected return* tertinggi ketiga diantara semua saham yang dilibatkan dalam portofolio (ditunjukkan pada Tabel 1). EXCL memiliki proporsi tertinggi kedua dalam portofolio karena saham EXCL pada Tabel 1 memiliki nilai *expected return* dan standar deviasi tertinggi kedua. ANTM memiliki proporsi terkecil dalam portofolio karena memiliki nilai standar deviasi pada urutan kelima dan *expected return* pada urutan ke 6 dari semua saham yang dilibatkan dalam portofolio. Dengan kata lain, saham ANTM memiliki risiko yang cukup tinggi untuk tingkat *expected return* yang diberikan. Pendekatan *quadratic programming* dalam pembentukan portofolio merupakan sebuah solusi dalam menyelesaikan kendala bobot aset positif. Sedangkan studi yang dilakukan oleh Filrissa, Titaley, & Manurung pada tahun 2019 menghasilkan bobot yang negatif dengan pendekatan *quadratic programming*.



Gambar 3. Portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif pada kurva *efficient frontier*.

Gambar 3 menunjukkan letak portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif dari saham-saham LQ45 pada *efficient frontier*. *Efficient frontier* merupakan grafik yang menunjukkan sekelompok portofolio dengan *expected return* yang optimal atau maksimal pada setiap tingkat risiko. Pada Gambar 3 tampak bahwa masih ada portofolio dengan nilai variansi yang lebih rendah dari portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif yang terbentuk. Namun, portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif yang terbentuk memberikan *expected return* yang lebih tinggi dari 3 portofolio di bawahnya atau 3 portofolio dengan nilai standar deviasi terkecil. Selain itu, Gambar 3 juga menunjukkan bahwa nilai *expected return* dan standar deviasi dari saham individu EXCL dan ICBP tidak jauh berbeda dengan portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif yang terbentuk. Sedangkan saham KLBF, PTBA, ANTM, CTRA, PGAS, dan ADRO memiliki nilai *expected return* yang lebih rendah dan standar deviasi yang lebih besar dibandingkan portofolio GMV yang terbentuk. Hanya saham INCO yang memiliki nilai *expected return* dan standar deviasi yang lebih tinggi dari portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif



Gambar 4. Portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif pada kurva *efficient frontier*.

Gambar 4 menunjukkan letak portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif pada kurva *efficient frontier*. Pada Gambar 4 tampak bahwa portofolio GMV yang terbentuk berada pada titik paling bawah kurva. Hal ini berarti bahwa portofolio GMV yang terbentuk memiliki standar deviasi paling rendah untuk tingkat *expected return* yang ditawarkan. Saham individual INCO memiliki nilai *expected return* yang cukup tinggi dari beberapa portofolio yang terbentuk. Sedangkan saham PTBA, KLBF, ANTM, CTRA, dan ADRO memiliki nilai *expected return* yang lebih rendah dan standar deviasi yang lebih tinggi dari portofolio GMV yang terbentuk. PGAS memiliki nilai standar deviasi paling tinggi diantara semua saham individu dan portofolio yang terbentuk.

Tabel 4: Perbandingan kinerja portofolio

Portofolio GMV	<i>Expected Return</i>	Standar Deviasi	<i>Sharpe Ratio</i>
	Portofolio	Portofolio	
Tanpa kendala bobot aset positif	0,0005422	0,01052	-4,679
Disertai kendala bobot aset positif	0,0004888	0,01061	-4,645

Kinerja portofolio memiliki peran yang sangat penting dalam membuat keputusan investasi. Perbandingan kinerja portofolio tampak pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan bahwa *expected return* pada portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif lebih tinggi daripada portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif. Dengan kata lain, portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif memberikan imbal hasil yang lebih tinggi dibandingkan portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif. Ditinjau dari nilai standar deviasi portofolio atau ukuran risiko portofolio, portofolio GMV yang disertai dengan kendala bobot aset positif memiliki standar deviasi yang lebih tinggi dibandingkan portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif. Nilai *sharpe ratio* yang merepresentasikan kinerja portofolio menunjukkan bahwa kedua portofolio memiliki nilai *sharpe ratio* negatif. Hal ini berarti bahwa nilai *expected return* portofolio lebih kecil daripada tingkat suku bunga bebas risiko atau *risk free rate*, namun diharapkan nilai *sharpe ratio* menjadi positif seiring berjalannya waktu. Semakin besar nilai *sharpe ratio*, maka semakin baik pula kinerja portofolio. Dengan demikian, berdasarkan nilai

sharpe ratio yang ditunjukkan pada Tabel 4, portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif, Portofolio yang memungkinkan terjadinya *short sale* atau portofolio tanpa kendala bobot aset positif merupakan sebuah strategi investasi yang berisiko karena dapat terjadi gagal serah yang lebih tinggi daripada transaksi pada umumnya (Kiandi, 2016).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif menunjukkan nilai *sharpe ratio* yang lebih tinggi dibandingkan portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif. Sehingga dapat dikatakan bahwa portofolio GMV dengan kendala bobot aset positif memiliki kinerja yang lebih baik daripada portofolio GMV tanpa kendala bobot aset positif.

B. Saran

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini masih terdapat banyak sekali kekurangan. Pengembangan dari penelitian ini masih sangat perlu dilakukan. Penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya dapat menggunakan ukuran kinerja yang lain seperti Indeks Treynor dan Jensen.

DAFTAR PUSTAKA

- A. S., O., & P. O., A. (2016). Quadratic Programming as An Optimization Tool for Portfolio Management,. *International Journal of Mathematics and Computer Application Research*, 6(2), 16–32.
- Ahuja, A. (2015). Portfolio Diversification In The Karachi Stock Exchange. *Pakistan Journal of Engineering, Technology & Science*, 1(1).
- Bodnar, T., Mazur, S., & Okhrin, Y. (2017). Bayesian estimation of the global minimum variance portfolio. *European Journal of Operational Research*, 256(1), 292–307.
- Febriyanto, F. (2018). Keputusan Diversifikasi Portofolio Investasi Di Era MEA. *FIDUSIA : Jurnal Keuangan dan Perbankan*, 1(2).
- Filrissa, S. G., Titaley, J., & Manurung, T. (2019). Analisis Portofolio Saham Model Markowitz dengan Menggunakan Quadratic Programming. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasinya*, 8(2), 121–126.
- John, A., Logubayom, A. I., & J, A.-P. (2017). Portfolio Optimization Using Matrix Approach: A Case of Some Stocks on the Ghana Stock Exchange. *International Journal of Accounting, Finance and Risk Management*, 2(1), 21–30.
- Kiandi, F. (2016). Perlindungan Humum dalam Transaksi Margin Trading dan Short Sales di Pasar Modal. *Premise Law Jurnal*, 6, 1–18.
- Maillet, B., Tokpavi, S., & Vaucher, B. (2015). Global minimum variance portfolio optimisation under some model risk: A robust regression-based approach. *European Journal of* ISSN: 2549-6700 (print), ISSN 2549-6719 (online)

Operational Research, 244(1), 289–299.

Yang, L., Couillet, R., & McKay, M. R. (2015). A Robust Statistics Approach to Minimum Variance Portfolio Optimization. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 63(24), 6684–6697.