

Optimasi Portofolio Saham LQ45 dengan mempertimbangkan Prediksi *Return* menggunakan Metode *Holt Winter*

Khaerani Nur Azizah¹, Deni Saepudin², Putu Harry Gunawan³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

khaeraniazi@students.telkomuniversity.ac.id¹, denisaepudin@telkomuniversity.ac.id²,

phgunawan@telkomuniversity.ac.id³

Portofolio yaitu sekumpulan aset yang dimiliki oleh individu atau kelompok untuk mendapatkan keuntungan. Saham merupakan salah satu bentuk investasi. Dalam melakukan investasi terdapat dua hal yang dapat menjadi pertimbangan oleh investor, yaitu harapan *return* dan risiko. Dengan optimasi portofolio diharapkan dapat menghasilkan keuntungan dari investasi, dan mendapatkan *return* yang tinggi namun dengan risiko yang kecil. Seiring perkembangan waktu sangat memungkinkan untuk membentuk optimasi portofolio mempertimbangkan prediksi *return* menggunakan machine learning. Berdasarkan dengan permasalahan tersebut, maka penelitian ini menggunakan metode Holt-winter untuk memprediksi harga saham dan *return* saham. Metode Holt-Winter yaitu metode yang akurat untuk memperkirakan data deret waktu musiman, baik pola menunjukkan tren ataupun tidak. Pada penelitian sebelumnya digunakan metode Mean-Variance untuk mendapatkan optimasi portofolio, setelah dianalisa ternyata hasilnya kurang memuaskan, maka dari itu penelitian ini membentuk portofolio yang optimal menggunakan model *Mean-Variance with Forecasting*. Berdasarkan hasil pengujian kinerja portofolio yang optimal dilakukan menggunakan sensitivitas yang terbaik yaitu dengan nilai rata-rata *return* yang besar, standar deviasi kecil, dan sharpe ratio yang besar. Dibandingkan dengan kinerja portofolio index LQ45 yang diukur dari rata-rata *return* terbesar, std terkecil dan sharpe ratio terbesar, kinerja portofolio yang menggunakan sensitivitas menghasilkan nilai yang lebih tinggi.

Kata kunci : Optimasi Portofolio, Saham, *Return*, LQ45, *Holt-Winter*, *Mean-Variance*

Abstract

Portfolio is a collection of assets owned by individuals or group that aims to make profit. Stocks are a form of investment. In investing there are two things that can be considered by investors, namely the expected return and risk. With portfolio optimization, it is expected to be able to generate profits from investments, and get high returns but with small risks. Over time, it is possible to form a portfolio optimization considering return predictions using machine learning. Based on these problems, this study uses the Holt-winter method to predict stock prices and stock returns. The Holt-Winter method is an accurate method for estimating seasonal time series data, whether the pattern shows a trend or not. In previous studies, the Mean-Variance method was used to obtain portfolio optimization, after analyzing the results were not satisfactory, therefore this study formed an optimal portfolio using the Mean-Variance with Forecasting model. Based on the results of optimal portfolio performance testing, it is carried out using the best sensitivity, namely with a large average return value, small standard deviation, and large sharpe ratio. Compared to the performance of the LQ45 index portfolio as measured by the largest average return, the smallest std and the largest sharpe ratio, the portfolio performance using sensitivity produces a higher value.

Keywords: Portfolio Optimization, Stocks, Return, LQ45, Holt-Winter, Mean-Variance.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Investasi yang banyak diminati oleh investor adalah saham karena frekuensi perdagangan saham lebih tinggi dibandingkan dengan frekuensi investasi lain di pasar modal. Saham merupakan surat berharga bagian dari kepemilikan perusahaan. Investor dalam berinvestasi selain dengan memperhitungkan nilai *return* juga perlu mempertimbangkan tingkat risikonya sebagai dasar dari pembentukan keputusan berinvestasi. Semakin besar perbedaannya maka akan semakin besar risiko investasinya[1]. Investor dalam pasar saham biasanya menentukan *return* yang akan datang dari saham investasi mereka dan mencari tahu bobot yang optimal setiap sahamnya untuk membangun portofolio [2].

Optimasi portofolio adalah distribusi kekayaan di antara banyak aset, dimana dua parameter *return* yang diharapkan dan risiko sangat penting. Optimasi portofolio diharapkan dapat menghasilkan keuntungan dari investasi, dengan memperoleh *return* yang besar namun dengan risiko yang lebih kecil. Untuk meminimalkan risiko dengan dilakukannya diversifikasi atau penyebaran investasi dengan pembentukan portofolio beberapa saham. Dalam penelitian yang dilakukan pertama kali oleh Markowitz (1959) penyebaran investasi ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dengan menggunakan pendekatan model *Mean Variance* [3].

Pendekatan Mean-Variance yang dikemukakan oleh *Markowitz* adalah salah satu model terbaik untuk menyelesaikan masalah optimasi portofolio [4]. Dalam pendekatan *Mean Variance* risiko investasi diukur melalui nilai harapan dan variansi *return* dari data historis. Untuk *Mean-Variance* hanya memberi ide dasar pemilihan portofolio yang optimal. Model *Mean-Variance* ini bertujuan untuk membuat trade-off yang memaksimalkan pengembalian/return dan meminimalkan risiko [5]. Namun, model Mean-Variance ini memiliki banyak keterbatasan dalam aplikasi praktis, seperti membatasi asumsi dan kompleksitas komputasi aset skala besar [6]. Dengan perkembangan waktu sangat memungkinkan untuk membentuk optimasi portofolio mempertimbangkan prediksi *return* menggunakan machine learning untuk dapat hasil yang memuaskan, seperti *Holt-Winter*.

Holt-Winter digunakan untuk mengatasi pola *trend* dan pola musiman dari data runtun waktu atau *time series*, sehingga metode ini dapat digunakan untuk memprediksi data *non-stasioner* secara umum [7].

Untuk itu penulis tertarik untuk meneliti kinerja dan memajukan model pengoptimalan portofolio dengan mempertimbangkan prediksi *return* menggunakan metode *Holt-Winter*. Selain itu, penelitian ini menggunakan saham LQ45 yang terdiri dari 42 saham, penelitian ini berfokus pada data dari tahun 2013 hingga 2020, untuk prediksi menggunakan satu tahun terakhir.

1.2 Topik dan Batasannya

Dalam penelitian ini topik yang dianalisis yaitu bagaimana penerapan prediksi *return* menggunakan metode *Holt-Winter*, dan bagaimana membentuk portofolio yang mempertimbangkan prediksi return dengan menggunakan metode *Holt-Winter*. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu 42 saham LQ45 yang didapatkan dari finance.yahoo.com, untuk data yang digunakan adalah harga penutupan saham (*close*) data mingguan / weekly dalam kurun waktu selama 7 tahun (2013-2020).

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu menerapkan metode *Holt-Winter* untuk memprediksi *return* saham, dan mendapatkan portofolio yang mempertimbangkan prediksi *return* menggunakan *Holt-Winter* dan mengukur kinerja portofolio dibandingkan indeks LQ45.

1.4 Organisasi Tulisan

Bab berikutnya yaitu bab 2 menjelaskan terkait studi literatur yang mendukung penelitian. Bab 3 menjelaskan tentang perancangan sistem yang dibangun dalam penelitian ini. Bab 4 berisi hasil dan analisis hasil. Bab 5 memberikan kesimpulan tentang keseluruhan proses penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

2. Studi Terkait

2.1 Saham

Saham adalah salah satu surat berharga yang diperjualbelikan di pasar modal (*capital market*). Saham juga merupakan salah satu produk paling populer di pasar keuangan dan digunakan sebagai alternatif investasi karena lebih menguntungkan daripada investasi lain seperti reksa dana dan obligasi. Namun, saham memiliki risiko yang cukup tinggi. Semakin tinggi risiko investasi, semakin tinggi pengembaliannya. Di sisi lain, investasi berisiko rendah memiliki pengembalian yang lebih rendah [8].

2.2 Return

Return adalah tingkat keuntungan yang dinikmati seorang investor dan dapat juga diartikan sebagai hasil dari suatu investasi. Untuk mencari nilai *return* digunakan persamaan seperti berikut.

$$R_i = \frac{P_i - P_{(i-1)}}{P_{(i-1)}}$$

(1)

dimana R_i yaitu pengembalian/return pada waktu i , P_i yaitu harga saham periode i , dan $P_{(i-1)}$ yaitu harga saham periode $i - 1$.

2.3 Excepted Return

Excepted Return adalah rata-rata tertimbang dari beberapa pengembalian masa lalu/historis. *Excepted Return* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [9] :

$$E(R_i) = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}}{n} \quad (2)$$

dengan $E(R_i)$ adalah *expected return* saham, R_{ij} *return* dari sekuritas pada bulan ke- j dan n yaitu banyaknya *return* individual.

2.4 Portofolio Saham

Portofolio saham adalah gabungan dari asset finansial berupa saham. Dalam melakukan perhitungan portofolio para investor berharap agar mendapatkan *return* portofolio yang sesuai dengan tingkat keakuratan yang cukup tinggi. Tujuan dari pembentukan portofolio saham agar mendapatkan hasil yang semaksimal mungkin untuk meningkatkan kekayaan dengan risiko yang sekecil-kecilnya [10].

2.5 Return Portofolio

Return portofolio adalah kombinasi linier dari beberapa aset merupakan sebuah portofolio. Sehingga portofolio dapat ditulis sebagai berikut :

$$R_p = w_1 R_1 + w_2 R_2 + \dots + w_n R_n = \sum_{i=1}^n w_i R_i \quad (2)$$

Dimana :

R_p = *return* portofolio

w_i = bobot dari dana yang terbentuk pada saham i , dimana $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ dan $w_i \geq 0$

R_i = *return* saham i

n = banyak saham dalam portofolio

2.6 Sharpe Ratio

Untuk menghindari risiko portofolio maka dipilih *Sharpe Ratio* yang lebih besar. Rumus yang digunakan sebagai persamaan berikut:

$$Sr = \frac{\bar{r}_i}{\sigma_i} \quad (3)$$

Dimana :

\bar{r}_i = Rata-rata *return* portofolio

σ_i = STD *return* portofolio

2.7 Holt – Winter

Holt – Winter pertama kali dikembangkan oleh Profesor Charlest C. Fungsi dari *Holt* yaitu meramalkan *trend* produksi, setelah itu Profesor Peter R menyempurnakan model tersebut dengan menambahkan kemusiman yaitu *Winter* sehingga model ini dapat menangani deret waktu yang secara umum mengalami pola *trend* dan pola musiman yang muncul secara sekaligus dalam data deret waktu atau *time series*. *Holt-winter* sendiri memiliki 3 unsur yaitu data *real*, *trend*, dan *seasonal* dengan tiga pembobotan dalam memprediksi, yaitu α (*alpha*), β (*beta*), dan γ (*gamma*). Tahap awal dalam penggunaan metode *Holt-Winter* adalah menentukan nilai awal, berikut ini persamaan untuk menentukan nilai awal [11] :

1. *Smoothing Level*

$$L_c = \frac{1}{c} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_c) \quad (5)$$

2. *Smoothing Trend*

$$T_c = \frac{1}{K} \left(\frac{Y_{c+1} - Y_1}{c} + \frac{Y_{c+2} - Y_1}{c} + \dots + \frac{Y_{c+k} - Y_k}{c} \right) \quad (6)$$

2.7.1 Holt-Winter Addictive

Untuk plot data *real*/asli menunjukkan fluktuasi *seasonal* yang konstan (relatif stabil) maka dilakukan menggunakan model *additive*.

Untuk persamaan model aditif, yaitu :

1. Pemulusan Eksponensial :

$$L_c = \alpha(X_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (7)$$

2. Pemulusan Pola *Trend* :

$$T_c = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)(T_{t-1}) \quad (8)$$

3. Pemulusan Musiman :

$$S_t = \gamma(X_t - L_t) + (1 - \gamma)(S_{t-s}) \quad (9)$$

4. Peramalan p periode ke depan :

$$X_{t+p} = L_t + pT_t + S_{t-s+p} \quad (10)$$

dengan

- S_t = nilai pemulusan musiman pada periode t
- γ = konstanta pemulusan untuk pola *seasonal* $0 < \gamma < 1$
- S = periode musiman

2.7.2 Holt-Winter Multiplicative

Dilakukan model *multiplicative* jika plot data asli terdapat fluktuasi musiman yang bervariasi.

Untuk persamaan yang digunakan oleh model *multiplicative*, yaitu :

1. Pemulusan eksponensial :

$$L_c = \alpha \left(\frac{X_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (11)$$

2. Pemulusan Pola *Trend* :

$$T_c = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)(T_{t-1}) \quad (12)$$

3. Pemulusan Musiman :

$$S_t = \gamma \left(\frac{X_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)(S_{t-s}) \quad (14)$$

4. Peramalan p periode ke depan :

$$X_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-S+p} \quad (15)$$

2.8 Model Portofolio Optimasi yang mempertimbangkan prediksi *Return*

Markowitz (1959) menjelaskan solusi untuk menyelesaikan *trade-off* antara memaksimalkan nilai harapan *return* dan meminimalkan risiko. Didalam makalah “*Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning*” yaitu menggabungkan hasil dari prediksi *return* dalam memajukan model *Mean – Variance* untuk membangun model *Mean – Variance with Forecasting* (MVF).

Untuk *Mean – Variance with Forecasting* (MVF) ini memiliki 3 buah fungsi objektivitas yaitu objektif 1 meminimalkan nilai risiko, objektif 2 memaksimalkan nilai prediksi *return* dan objektif 3 memaksimalkan nilai selisih antara prediksi *return* dan aktual *return* (epsilon). Nilai dari ke 3 objektivitas tersebut dicari nilai x nya menggunakan solver *Sequential Least Squares Programming* (SLSQP). Setelah itu didapatkan nilai x dari masing-masing objektivitas. Dilihat dari hasil yang diperoleh, salah satu nilai x dari ke 3 objektivitas ini akan dominan/terlalu besar, maka dilakukanlah optimasi portofolio dengan mempertimbangkan prediksi *return* dengan pembobotan/*gamma*. Berikut adalah persamaan model untuk *Mean – Variance with Forecasting* [6] :

$$\min \gamma_1 \sum_{i,j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} - \gamma_2 \sum_{i=1}^n x_i \hat{r}_i - \gamma_3 \sum_{i=1}^n x_i \bar{\epsilon}_i \quad (16)$$

Yang memenuhi :

$$0 \leq x_i \leq 1 \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

dimana

- x_i = proporsi aset i dalam portofolio
- x_j = proporsi aset j dalam portofolio
- n = jumlah aset dalam portofolio
- σ_{ij} = kovarian aset i dan j
- \hat{r} = prediksi *return*
- $\bar{\epsilon}_i$ = prediksi rata-rata aset i, selama periode sampel
- γ_1 = objektivitas 1 (risiko)
- γ_2 = objektivitas 2 (prediksi *return*)
- γ_3 = objektivitas 3 (epsilon)

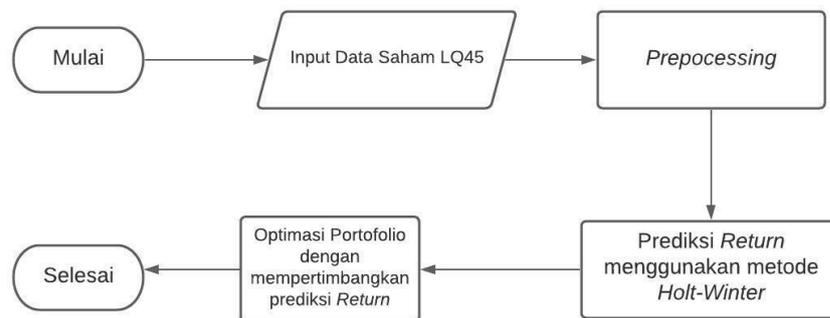
3 Sistem yang Dibangun

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Indeks Saham LQ45. Sumber data diperoleh dari finance.yahoo.com. Dalam penelitian ini, menggunakan data indeks saham mingguan / weekly indeks LQ45 dari Januari 2013 hingga Januari 2020.

3.2 Perancangan Sistem

Rancangan keseluruhan dari sebuah sistem yang dibangun berbentuk diagram alur (*Flowchart*), yang merupakan alur kerja rancangan sistem untuk membantu pekerjaan sistem bekerja dari awal hingga akhir.



Gambar 1 Flowchart/Diagram Alur

1. Input Data

Langkah awal dari proses ini adalah menginputkan data indeks harga saham mingguan/*weekly* indeks LQ45 pada kurun waktu Januari 2013-Januari 2020.

2. *Preprocessing* Data

Tahap *preprocessing* data adalah proses untuk mempersiapkan data mentah sebelum data tersebut dilakukan proses lain. Langkah dari *preprocessing* pada langkah ini dilakukan data *cleaning* yaitu menghilangkan nilai data yang salah dan memperbaiki data yang tidak konsisten. Dan normalisasi, normalisasi disini yaitu penskalaan untuk digambarkan sebagai distribusi normal.

3. Prediksi *Return* menggunakan *Holt-Winter*

Pada tahap memprediksi *return* menggunakan *Holt-Winter* ini dilakukan menggunakan trend *additive* dan musiman atau seasonal *multiplicative*.

- Menentukan nilai awal dari *smoothing level*, nilai awal *trend*, dan nilai awal pola musiman (*additive* dan *multiplicative*).
- Setelah menentukan nilai awal proses berikutnya yaitu menentukan estimasi parameter dari α , β dan γ .
- Lalu melakukan peramalan menggunakan *Holt-Winter Additive* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (8) dan untuk prediksi *return* menggunakan *Holt-Winter Multiplicative* menggunakan persamaan (12).

4. Optimasi portofolio dengan mempertimbangkan prediksi *return*.

Pada tahap terakhir ini dilakukan pembentukan optimasi portofolio dengan mempertimbangkan *return* LQ45 menggunakan metode dari *Mean-Variance with Forecasting* (MVF) . Seperti pada persamaan 16 dan 17. Yang mencari nilai x , nilai x didapatkan dengan menggunakan solver *Sequential Least Squares Programming* (SLSQP).

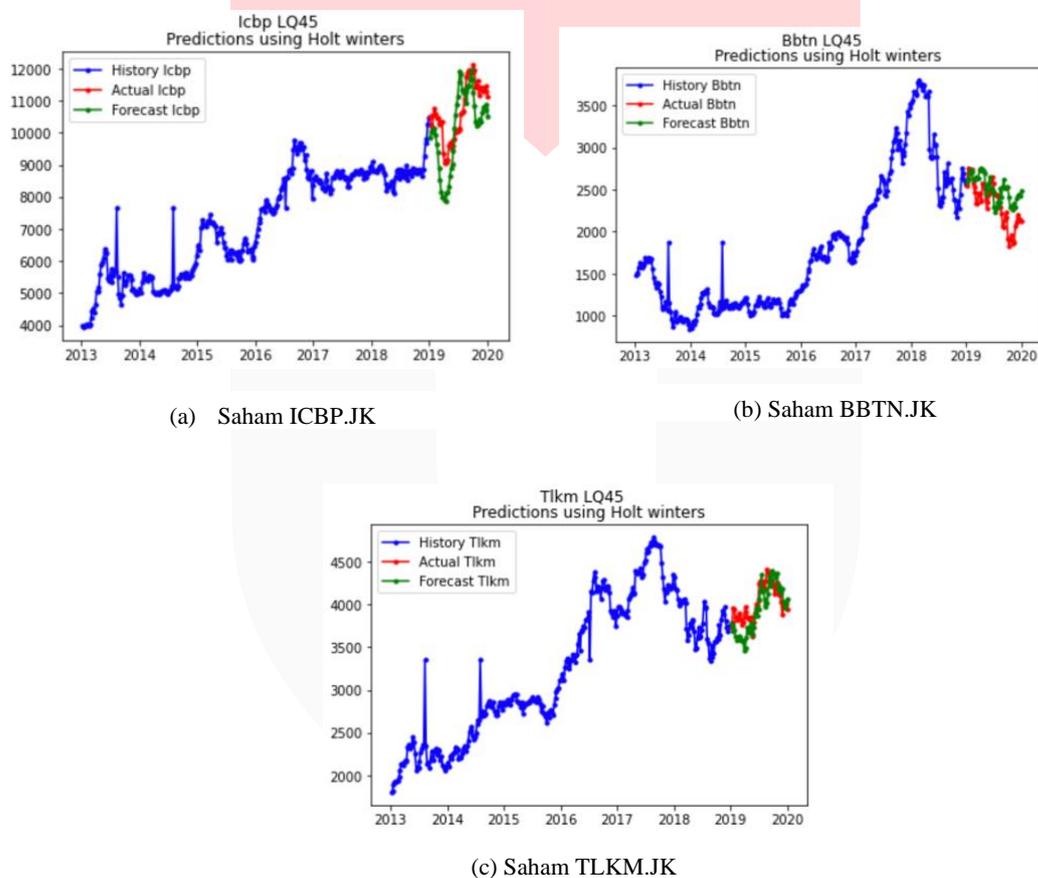
4 Evaluasi

4.1 Skenario Pengujian

- Data yang dimiliki yaitu rentang waktu 7 tahun (Januari 2013 - Januari 2020), 6 tahun (Januari 2013- Desember 2018) sebagai data *train* dan untuk data *test* 1 tahun (Januari 2019 - Januari 2020).
- Memprediksi harga saham sehingga dapat nilai *return* portofolio perminggu dari (Januari 2019- Januari 2020) menggunakan metode *Holt-Winter*.
- Mencari nilai x atau bobot portofolio dengan metode Mean-Variance with Forecasting
- Menganalisis sentifitas dengan cara memvariasikan nilai bobot dari setiap objektivitas yang ada di persamaan *Mean-Variance with Forecasting* yaitu objektivitas *risk* (resiko), objektivitas *return* dan objektivitas epsilon, berdasarkan dengan nilai rata-rata *return* tertinggi, standar deviasi yang terkecil dan nilai portofolio (*portfolio value*).
- Membandingkan hasil dari analisis nilai portofolio, indeks LQ45, rata-rata *return* terbesar, *standar deviasi* terkecil dan *sharpe ratio* terbesar dari setiap gamma.

4.2 Hasil Pengujian

- Memprediksi harga saham LQ45 dengan *Holt-Winter*.



Gambar 2 Untuk grafik yang berwarna biru adalah data training dari Januari 2013 – Desember 2018. Dan grafik untuk yang berwarna merah yaitu data testing yang digunakan untuk data testing adalah data Januari 2019-Januari 2020. Untuk grafik yang berwarna hijau yaitu hasil dari prediksi harga saham menggunakan metode Holt – Winter.

- Hasil rata-rata *return* , nilai *standar deviasi* dan *sharpe ratio* dari setiap gamma.

Table 1 Rata-rata Return, STD & Sharpe Ratio setiap Gamma

$\vec{\gamma} = (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$	Rata-rata Return	Std	Sharpe Ratio
$\vec{\gamma}_1 = (1, 1, 1)$	0.005518	0.053381	0.10337
$\vec{\gamma}_2 = (1, 0.104338, 1)$	0.005518	0.053381	0.10337
$\vec{\gamma}_3 = (1, 0.010886, 1)$	0.005518	0.053381	0.10337
$\vec{\gamma}_4 = (1, 1, 0.195275)$	0.00463	0.030546	0.151586
$\vec{\gamma}_5 = (1, 1, 0.038132)$	0.006297	0.023254	0.270796
$\vec{\gamma}_6 = (1, 0.104338, 0.195275)$	0.00463	0.030546	0.151586
$\vec{\gamma}_7 = (1, 0.104338, 0.038132)$	0.006297	0.023254	0.270796
$\vec{\gamma}_8 = (1, 0.010886, 0.195275)$	0.00463	0.030546	0.151586
$\vec{\gamma}_9 = (1, 0.010886, 0.038132)$	0.006297	0.023254	0.270796

Dari hasil MVF 3 objektivitas tersebut memiliki nilai masing-masing dan dari salah satu objektivitas tersebut dapat memiliki nilai terbesar. Dan setelah dioptimasi didapatkan nilai portofolio dengan objektivitas 1 (objektivitas risiko) sebesar 0.005354, objektivitas 2 (objektivitas return) 0.05131 dan objektivitas 3 (objektivitas epsilon) 0.0274. Dapat dilihat yang mendominasi dari 3 objektivitas tersebut adalah objektivitas ke 2 yaitu *return*. Dengan itu dilakukan strategi investasi yaitu dengan pembobotan menggunakan gamma seperti pada tabel diatas. Tujuan dari dilakukannya strategi investasi ini dengan pemberian pembobotan menggunakan gamma yaitu agar nilai portofolio sebanding yaitu dengan cara diskalakan.

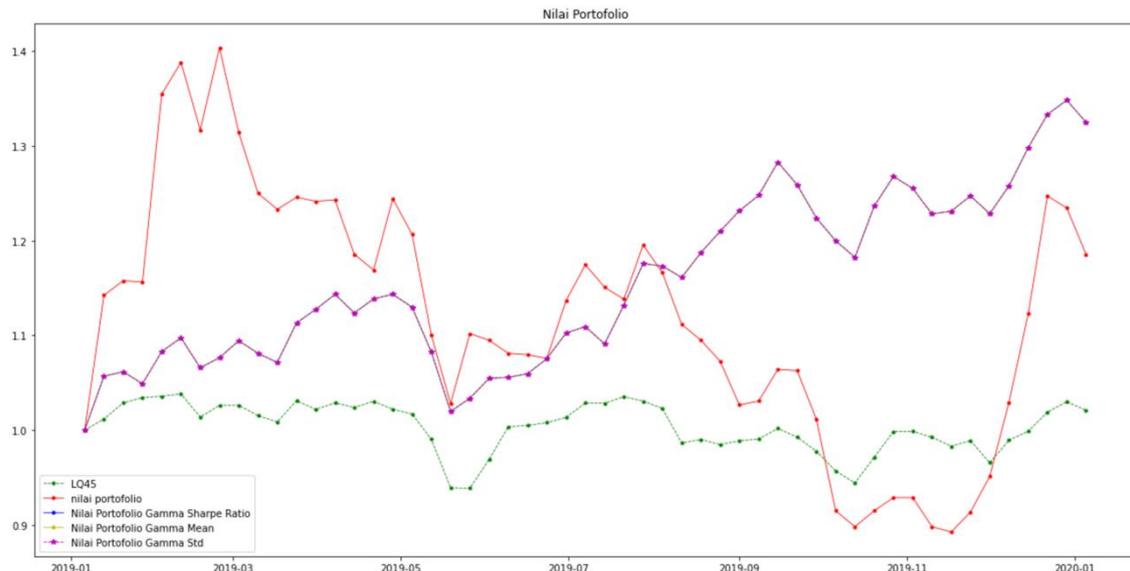
Pengertian dari setiap gamma adalah sebagai berikut :

1. $\vec{\gamma}_1$ tidak diberi pembobotan dan objektif 2 (return) yang mendominasi.
2. $\vec{\gamma}_2$ membuat objektif 1 dan objektif 2 sebanding, dan untuk yang mendominasi disini yaitu objektif 3.
3. $\vec{\gamma}_3$ membuat nilai objektif 2 lebih kecil atau diabaikan dan didominasi oleh objektif 3.
4. $\vec{\gamma}_4$ membuat objektif 1 dan objektif 3 sebanding dan yang akan mendominasi disini yaitu objektif 2.
5. $\vec{\gamma}_5$ membuat nilai objektif 3 lebih kecil atau diabaikan dan didominasi oleh objektif 2.
6. $\vec{\gamma}_6$ membuat semua objektifnya sebanding.
7. $\vec{\gamma}_7$ membuat objektif 1 dan objektif 2 sebanding dan untuk objektif 3 diabaikan karena kecil.
8. $\vec{\gamma}_8$ membuat objektif 3 dan objektif 1 sebanding dan objektif 2 lebih kecil atau diabaikan.
9. Dan untuk $\vec{\gamma}_9$ membuat objektif 2 dan objektif 3 lebih kecil dan didominasi oleh objektif.

Dilihat dari tabel diatas bahwa $\vec{\gamma}_5$ dan $\vec{\gamma}_7$ memiliki nilai yang sama, setelah dibuktikan dan dilihat angka dibelakang koma secara keseluruhan yang terpilih adalah $\vec{\gamma}_5$ karena memiliki rata-rata return tertinggi, standar deviasi terkecil dan sharpe ratio terbesar. Lalu setelah itu $\vec{\gamma}_5$ ini dicari nilai portofolionya.

Table 2 Hasil Portofolio

	Rata-Rata Return	STD	Sharpe Ratio
LQ45	0.000535	0.016653	0.032113
Nilai Portofolio	0.005518	0.05338	0.10337
$\vec{\gamma}_5$	0.006297	0.02325	0.0270796



Gambar 3 Grafik Nilai Portofolio, Nilai Portofolio Index LQ45 & Nilai Portofolio dengan Gamma

Dapat dilihat dari tabel dan plot grafik di atas bahwa nilai portofolio yang menggunakan sensitivitas dibandingkan dengan index LQ45 memiliki nilai yang lebih tinggi.

5 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu kinerja portofolio yang optimal dilakukan menggunakan sensitivitas yang terbaik yaitu dengan nilai rata-rata return yang besar, standar deviasi kecil, dan sharpe ratio yang besar. Dibandingkan dengan kinerja portofolio index LQ45 yang diukur dari rata-rata return terbesar, std terkecil dan sharpe ratio terbesar, kinerja portofolio yang menggunakan sensitivitas menghasilkan nilai yang lebih tinggi.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pembandingan yang lainnya dan dapat dilakukan dengan metode *machine learning time series* selain metode *Holt-Winter*.

REFERENSI

- [1] G. Aliakur and N. Triaryati, "KINERJA PORTOFOLIO OPTIMAL BERDASARKAN MODEL INDEKS TUNGGAL," *E-Jurnal Manajemen Universitas Udayana*, vol. 6, no. 5, p. 254065, 2017.
- [2] Y. Zhang, X. Li, and S. Guo, "Portfolio selection problems with Markowitz's mean-variance framework: a review of literature," *Fuzzy Optimization and Decision Making* 17:2, vol. 17, no. 2, pp. 125–158, Mar. 2017, doi: 10.1007/S10700-017-9266-Z.
- [3] I. Rolanda, "Analisis Portofolio Optimal : Pendekatan Mean Variance (Studi Kasus pada Dana Pensiun Lembaga Keuangan Muamalat)," *FIRM Journal of Management Studies*, vol. 2, no. 1, Apr. 2017, doi: 10.33021/FIRM.V2I1.161.
- [4] H. Markowitz, "Portfolio Selection," *The Journal of Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77–91, 1952.
- [5] W. Chen, H. Zhang, M. K. Mehawat, and L. Jia, "Mean-variance portfolio optimization using machine learning-based stock price prediction," *Applied Soft Computing*, vol. 100, p. 106943, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.ASOC.2020.106943.
- [6] Y. Ma, R. Han, and W. Wang, "Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning," *Expert Systems with Applications*, vol. 165, p. 113973, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.ESWA.2020.113973.
- [7] "Vol 1 No 1 (2019): JURNAL TEKNOLOGI, KESEHATAN DAN ILMU SOSIAL | JURNAL TEKNOLOGI KESEHATAN DAN ILMU SOSIAL (TEKESNOS)." <http://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/tekesnos/issue/view/101> (accessed Dec. 04, 2020).
- [8] A. Devaki, "FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI RETURN SAHAM PADA PERUSAHAAN LQ45 DI BURSA EFEK INDONESIA," *Jurnal Benefita*, vol. 2, no. 2, pp. 157–168, Jul. 2017, doi: 10.22216/JBE.V2I2.2004.

- [9] D. Wulandari, D. Ispriyanti, and A. Hoyyi, "OPTIMALISASI PORTOFOLIO SAHAM MENGGUNAKAN METODE MEAN ABSOLUTE DEVIATION DAN SINGLE INDEX MODEL PADA SAHAM INDEKS LQ-45," *Jurnal Gaussian*, 2018, doi: 10.14710/j.gauss.v7i2.26643.
- [10] "Perancangan Portofolio Optimal Dengan Menggunakan Return On Assets, Return On Equity Dan Economic Value Added Pada Indeks Jakarta Ismaic Index Periode 2014-2018," *Jurnal Riset Akuntansi dan Keuangan*, 2019, doi: 10.17509/jrak.v7i1.15470.
- [11] M. D. H. G. Encik Rosalina, Sigit Sugiarto, "METODE PERAMALAN HOLT-WINTER UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH PENGUNJUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU Encik Rosalina 1 * , Sigit Sugiarto 2 , M.D.H. Gamal 2," *Repository FMIPA*, 2016.

