



Penerapan Model GBM untuk Prediksi Harga Saham dan Nilai Risiko Kerugian Menggunakan Program R

Fira Agista*, Hagni Wijayant, dan Yasmin Erika Faridhan

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan, Indonesia

*Correspondence: E-mail: yasminef@unpak.ac.id

ABSTRAK

Pada investasi aset saham, keuntungan yang diperoleh seorang investor diukur melalui nilai *return*, yang sangat bergantung pada harga saham. Dalam penelitian ini dilakukan prediksi harga saham menggunakan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dan nilai risiko kerugian menggunakan metode *Value at Risk* (VaR) Simulasi Monte Carlo, sehingga investor dapat mengetahui harga saham pada masa yang akan datang dan kemungkinan kerugian yang akan terjadi. Data yang digunakan adalah harga penutupan saham PT Telkom pada periode waktu 1 Maret sampai dengan 12 Oktober 2021. Berbantuan program R, hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi harga saham PT Telkom periode 1 September sampai dengan 12 Oktober 2021 memiliki akurasi yang sangat baik dengan nilai MAPE sebesar 2,1%. Nilai risiko untuk periode 6 Oktober sampai 12 Oktober 2021 dengan hasil evaluasi melalui *backtesting* pada tingkat peluang pelanggaran 1% dan 5% menghasilkan rasio pelanggaran sebesar 0, yang berarti metode VaR Simulasi Monte Carlo dapat digunakan pada tingkat peluang pelanggaran tersebut.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ABSTRACT

In stock asset investment, the profit earned by an investor is measured by the return value, which is highly dependent on the stock price. In this study, stock price predictions were made using the Geometric Brownian Motion (GBM) model, and loss risk value was calculated using the Monte Carlo Simulation Value at Risk (VaR) method, so that investors can find out future stock prices and possible losses that may be obtained. The data used is the closing price of PT Telkom's shares for the period of 1 March to 12 October 2021. By using R, the results show that the prediction of PT Telkom's stock price for the period of 1 September to 12 October 2021 has a very good accuracy with a MAPE value of 2.1%. The risk value for the period of 6 October to 12 October 2021 with evaluation results through backtesting at violation probability levels of 1% and 5% produces a violation ratio of 0; this means that the Monte Carlo Simulation VaR method can be used at the level of the violation probability

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 28 Januari 2023

Direvisi 15 Februari 2023

Disetujui 24 Maret 2023

Tersedia online 1 Mei 2023

Dipublikasikan 1 Juni 2023

Kata Kunci:

Geometric Brownian Motion, Return, Saham, Value at risk.

Keywords:

Geometric Brownian motion, Return, Stock, Value at risk.

1. PENDAHULUAN

Kepemilikan aset saham merupakan salah satu investasi yang cukup banyak diminati oleh para investor. Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI) mencatat dalam laporan ‘Statistik Pasar Modal Indonesia’ bahwa jumlah investor yang melakukan transaksi jual beli saham di Bursa Efek Indonesia (BEI) pada bulan Oktober 2021 mencapai 3,08 juta investor. Pada investasi aset saham, keuntungan yang akan diperoleh biasanya diukur melalui nilai *return* atau imbal hasil. *Return* yang diperoleh sangat bergantung pada harga saham. Karakteristik utama dari harga saham adalah sering mengalami perubahan yang sulit diprediksi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kinerja perusahaan, faktor ekonomi, sentimen pasar, dan faktor lainnya. Nilai *return* umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase dan berbanding lurus dengan nilai risiko, artinya semakin besar risiko yang mungkin akan diterima semakin besar pula *return* yang akan diperoleh, demikian juga sebaliknya (Mardhiyah, 2017).

PT Telkom Indonesia Tbk adalah salah satu perusahaan milik Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang menyediakan jasa layanan telekomunikasi di Indonesia dan sahamnya diperdagangkan di Bursa Efek Indonesia dengan kode “TLKM”. Dilaporkan pada <https://idxchannel.com/market-news/pandemi-bikin-laba-telkom-naik-115-persen-jadi-rp2080-triliun/>, pada tahun 2020, laba PT Telkom meningkat sebesar 11,5%. Kondisi tersebut tentunya menjadi sentimen positif bagi kalangan investor. Oleh karena itu, diperlukan prediksi harga saham Telkom pada masa yang akan datang untuk memastikan apakah benar bahwa saham Telkom dapat memberikan keuntungan investasi yang maksimal. *Geometric Brownian Motion* (GBM) merupakan salah satu proses stokastik yang dapat memprediksi harga saham dengan menggunakan data harga saham pada masa lalu dan mengasumsikan bahwa *return* saham menyebar normal (Guloksuz, 2021).

Selain itu, prediksi nilai risiko kerugian diperlukan pula untuk mengetahui perkiraan kerugian maksimum yang akan terjadi dari investasi saham Telkom. Salah satu metode untuk memprediksi nilai risiko kerugian berdasarkan nilai *return* masa lalu adalah *Value at Risk* (VaR) dengan pendekatan Simulasi Monte Carlo. Asumsi utama yang diperlukan untuk mengukur VaR dengan pendekatan Simulasi Monte Carlo adalah *return* saham masa lalu menyebar normal (Li, et al., 2018). Simulasi Monte Carlo merupakan pendekatan yang paling kuat untuk mengukur VaR karena dapat menghitung berbagai macam susunan eksposur dan risiko meliputi risiko harga nonlinier, risiko volatilitas, dan risiko model tetap (Joshiyura & Peswani, 2017).

Pada penelitian ini prediksi harga saham PT Telkom Indonesia Tbk dilakukan menggunakan model *Geometric Brownian Motion* (GBM), dan prediksi nilai risiko kerugiannya dilakukan menggunakan metode VaR dengan pendekatan Simulasi Monte Carlo, dengan bantuan bahasa pemrograman R.

2. METODE

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga penutupan saham PT Telkom Indonesia Tbk pada periode waktu 1 Maret sampai dengan 12 Oktober 2021 ($n = 152$). Data tersebut diperoleh dari laman resmi *Yahoo Finance*, <https://finance.yahoo.com/>.

2.2 Tahapan Penelitian

Rangkaian tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan data *training* dan data *testing*

Data *training* yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari periode 1 Maret sampai dengan 31 Agustus 2021 ($n_1 = 122$), sedangkan data *testing* dimulai dari periode 1 September sampai dengan 12 Oktober 2021 ($n_2 = 30$).

2. Perhitungan nilai *return* untuk data *training*

Model *return* yang sering digunakan adalah *geometric return* yang dapat diperoleh melalui persamaan berikut (Trimono *et al.*, 2017):

$$R_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \quad (1)$$

keterangan:

- R_t = nilai *return* saham periode ke- t
- S_t = harga saham pada periode ke- t
- S_{t-1} = harga saham pada periode ke- $t-1$

3. Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada nilai *return* data *training* dilakukan untuk mengetahui apakah *return* data menyebar normal atau tidak (Quraisy, 2020). Hipotesis uji Kolmogorov-Smirnov untuk menguji normalitas data adalah

$$H_0: F(x) = F_0(x)$$

$$H_1: F(x) \neq F_0(x)$$

Statistik ujinya yaitu

$$D = \text{Max}|F_0(x) - F(x)| \quad (2)$$

dengan:

$F_0(x)$ = Peluang kumulatif sebaran normal.

$F(x)$ = Peluang kumulatif sebaran empiris.

H_0 ditolak jika nilai D lebih besar dari kuantil $(1 - \alpha)$ Tabel Uji Kolmogorov-Smirnov, atau nilai- $p < \alpha$.

4. Pemodelan dan prediksi harga saham dengan *Geometric Brownian Motion* (GBM)

Model harga saham menggunakan GBM adalah sebagai berikut (Sari & Rosha, 2019):

$$\hat{S}_t = \hat{S}_{t-1} \exp \left[\left(\hat{\mu} - \frac{1}{2} \hat{\sigma}^2 \right) (t - (t-1)) + \hat{\sigma} \sqrt{t - (t-1)} Z_{t-1} \right] \quad (3)$$

Keterangan:

- \hat{S}_t = Harga saham periode ke- t
- \hat{S}_{t-1} = Harga saham periode ke- $t-1$
- $\hat{\mu}$ = Nilai *return* harapan saham
- $\hat{\sigma}^2$ = Ragam *return* saham
- $\hat{\sigma}$ = Volatilitas *return* saham
- Z_{t-1} = Bilangan acak normal baku

5. Perhitungan nilai galat hasil prediksi dengan metode MAPE (Maruddani & Trimono, 2017)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

- Y_t = Nilai aktual pada waktu ke- t
- F_t = Nilai prediksi pada waktu ke- t
- n = Banyaknya amatan

Berdasarkan Baggio & Klobas (dalam Mamula, 2015) klasifikasi nilai MAPE terbagi menjadi beberapa kategori, seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Akurasi MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
< 10%	Sangat baik
10% - 20%	Baik
>20% - 50%	Cukup baik
>50%	Tidak akurat

6. Perhitungan nilai VaR dengan simulasi Monte Carlo (Trimono *et al.*, 2017).

7. *Backtesting* (pengujian kembali) untuk mengetahui tingkat akurasi nilai VaR

Backtesting dilakukan dengan melakukan perbandingan antara nilai hasil perhitungan VaR dengan nilai *return* yang sebenarnya (Aldilla, *et. al.*, 2018). Apabila *return* sebenarnya pada periode tertentu lebih rendah dari nilai VaR pada periode yang sama, maka dikatakan terjadi pelanggaran (*violation*).

Rasio pelanggaran (*Violation Ratio*) dihitung dengan membandingkan jumlah pelanggaran yang terjadi (v_1) dengan dugaan jumlah pelanggaran (Sofwan, *et al.*, 2014), di mana m_0 merupakan peluang pelanggaran yang diduga, maka:

$$VR = \frac{v_1}{m_0 \times K_U} \quad (5)$$

Keterangan:

VR = *Violation Ratio* atau besarnya rasio pelanggaran

v_1 = Banyaknya η_i yang bernilai 1 (banyaknya hari terjadi pelanggaran)

m_0 = Peluang pelanggaran yang diduga

K_U = Jendela uji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Nilai *Return* Data *Training*

Tabel 2 menyajikan perhitungan nilai *return* data *training* yang dilakukan menggunakan program *R*.

Tabel 2. Nilai *Return* Data *Training*

K	Tanggal	Harga Saham	<i>Return</i>
1	1-Mar-21	3490	
2	2-Mar-21	3460	-0,00863
3	3-Mar-21	3440	-0,00580
4	4-Mar-21	3360	-0,02353
5	5-Mar-21	3320	-0,01198

...
118	25-Agu-21	3370	-0,00886
119	26-Agu-21	3360	-0,00297
120	27-Agu-21	3320	-0,01198
121	30-Agu-21	3400	0,02381
122	31-Agu-21	3400	0,00000

3.2. Uji Normalitas *Return Saham Data Training*

Hipotesis yang digunakan untuk menguji normalitas *return* saham data *training* adalah

H_0 : *Return* saham data *training* menyebar normal

H_1 : *Return* saham data *training* menyebar tidak normal

Statistik ujinya adalah

D : $Max|F_0(x) - F(x)| = 0,1104$

Nilai-p : 0,1047

Pada taraf nyata $\alpha = 5\%$, H_0 tidak dapat ditolak karena nilai-p = 0,1047 > $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *return* saham data *training* menyebar normal.

3.3. Pendugaan Parameter dan Penentuan Model *Geometric Brownian Motion* untuk Prediksi Harga Saham

Parameter yang akan diduga dalam model GBM adalah nilai *return* harapan saham ($\hat{\mu}$), ragam *return* saham ($\hat{\sigma}^2$), dan volatilitas *return* saham ($\hat{\sigma}$). Berbantuan program *R* didapatkan nilai $\hat{\mu} = -0,00022$, nilai $\hat{\sigma}^2 = 0,00026$, dan nilai $\hat{\sigma} = 0,01628$. Sehingga model harga saham PT Telkom Indonesia Tbk adalah:

$$\hat{S}_t = \hat{S}_{t-1} \exp\left(\left((-0,00022) - \frac{0,00026}{2}\right)(t - (t - 1)) + 0,01628\sqrt{t - (t - 1)}Z_{t-1}\right)$$

dengan:

\hat{S}_t = Nilai dugaan harga saham pada waktu ke t

\hat{S}_{t-1} = Nilai dugaan harga saham pada waktu ke $t - 1$

Z_{t-1} = Kuantil sebaran normal standar pada titik $t - 1$

$t = 1, 2, \dots, 30$

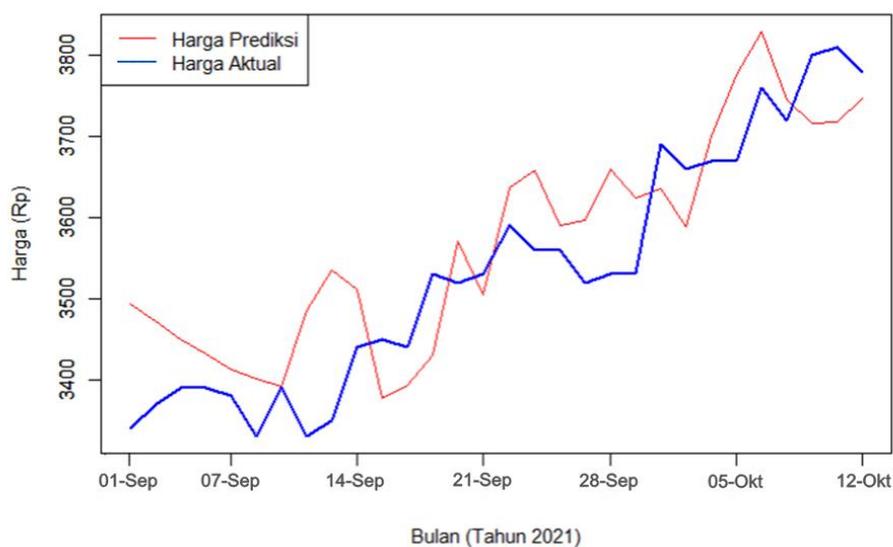
3.4. Prediksi Harga Saham PT Telkom Indonesia Tbk

Pada langkah selanjutnya, model digunakan untuk memprediksi harga saham. Prediksi harga saham dilakukan untuk 30 periode berikutnya, yaitu mulai tanggal 1 September sampai dengan 12 Oktober 2021. Melalui bantuan program *R*, hasil prediksi harga saham PT Telkom Indonesia Tbk terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Harga Saham Aktual dan Prediksi PT Telkom Indonesia Tbk

K	Tanggal	Harga		K	Tanggal	Harga	
		Aktual	Prediksi			Aktual	Prediksi
1	01/09/21	3340	3493	16	22/09/21	3590	3638
2	02/09/21	3370	3472	17	23/09/21	3560	3658
3	03/09/21	3390	3450	18	24/09/21	3560	3591
4	06/09/21	3390	3433	19	27/09/21	3520	3597
5	07/09/21	3380	3413	20	28/09/21	3530	3659
6	08/09/21	3330	3401	21	29/09/21	3530	3624
7	09/09/21	3390	3391	22	30/09/21	3690	3636
8	10/09/21	3330	3486	23	01/10/21	3660	3589
9	13/09/21	3350	3536	24	04/10/21	3670	3700
10	14/09/21	3440	3512	25	05/10/21	3670	3776
11	15/09/21	3450	3377	26	06/10/21	3760	3830
12	16/09/21	3440	3394	27	07/10/21	3720	3745
13	17/09/21	3530	3431	28	08/10/21	3800	3716
14	20/09/21	3520	3571	29	11/10/21	3810	3718
15	21/09/21	3530	3504	30	12/10/21	3780	3747

Adapun grafik perbandingan harga saham prediksi dengan harga saham aktual untuk data *testing* terdapat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Perbandingan Harga Saham Prediksi dan Harga Saham Aktual.

Berdasarkan Gambar 1, grafik perbedaan harga saham prediksi dan aktual memiliki pergerakan yang hampir sama dan perbedaannya cenderung kecil. Hal ini menunjukkan bahwa secara grafik cukup akurat. Namun perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat akurasi hasil prediksi tersebut. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode MAPE.

3.5. Perhitungan Nilai MAPE

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menguji hasil prediksi, sehingga dapat diketahui berapa nilai kesalahan dari hasil prediksi tersebut. Melalui bantuan program *R* diperoleh nilai MAPE sebesar 2,1%. Nilai tersebut kurang dari 10%, sehingga hasil prediksi harga saham termasuk ke dalam kategori sangat baik (Tabel 1).

3.6. Uji Normalitas *Return* Saham Prediksi

Hipotesis yang digunakan untuk menguji normalitas *return* saham prediksi adalah

H_0 : *Return* saham prediksi menyebar normal

H_1 : *Return* saham prediksi menyebar tidak normal

Statistik ujinya adalah

D : $Max|F_0(x) - F(x)| = 0,11252$

Nilai-p : 0,842

Pada taraf nyata $\alpha = 5\%$, H_0 tidak dapat ditolak karena nilai-p = 0,842 > $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *return* saham prediksi menyebar normal.

3.7. *Value at Risk* (VaR) Harga Saham Prediksi dengan Pendekatan Simulasi Monte Carlo

Sebelum menghitung nilai VaR, *return* saham dibagi terlebih dahulu menjadi 2 bagian, yaitu jendela pendugaan (K_E) dan jendela uji (K_U). Pembagian data tersebut akan digunakan dalam tahap uji *backtesting*. Pada penelitian ini, panjang jendela pendugaan sebesar 24 amatan, sedangkan panjang jendela uji yaitu sebesar 5 amatan. Detail kedua jendela ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jendela Pendugaan dan Jendela Uji

Jendela Pendugaan		Jendela Uji
K	$k + K_E - 1$	VaR ($k + K_E$)
1 (02/09/2021)	24 (05/10/2021)	VaR(25) (06/10/2021)
2 (03/09/2021)	25 (06/10/2021)	VaR(26) (07/10/2021)
3 (04/09/2021)	26 (07/10/2021)	VaR(27) (08/10/2021)
4 (05/09/2021)	27 (08/10/2021)	VaR(28) (11/10/2021)
5 (08/09/2021)	28 (11/10/2021)	VaR(29) (12/10/2021)

Rataan nilai VaR dihasilkan dari 5000 kali pengulangan pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan program R. Nilai VaR harga saham prediksi beserta interpretasinya ditampilkan pada Tabel 5

Tabel 5. Nilai *Value at Risk* Harga Saham Prediksi Jendela Uji

K_U	K	Tanggal	VaR	Interpretasi
1	25	06/10/21	-0,02453	Pada tingkat kepercayaan 95%, prediksi kerugian maksimal 1 periode ke depan (07/10/21) adalah 2,453%
2	26	07/10/21	-0,02372	Pada tingkat kepercayaan 95%, prediksi kerugian maksimal 1 periode ke depan (08/10/21) adalah 2,372%
3	27	08/10/21	-0,02518	Pada tingkat kepercayaan 95%, prediksi kerugian maksimal 1 periode ke depan (11/10/21) adalah 2,518%
4	28	11/10/21	-0,02544	Pada tingkat kepercayaan 95%, prediksi kerugian maksimal 1 periode ke depan (12/10/21) adalah 2,544%
5	29	12/10/21	-0,02519	Pada tingkat kepercayaan 95%, prediksi kerugian maksimal 1 periode ke depan (13/10/21) adalah 2,519%

3.8. Uji Backtesting

Backtesting dilakukan untuk mengevaluasi dan memeriksa nilai-nilai dugaan VaR yang dihasilkan melalui perhitungan rasio pelanggaran (*violation*). Perhitungan rasio pelanggaran VaR dengan pendekatan Simulasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 95% disimulasikan dengan nilai dugaan peluang pelanggaran (m_0) sebesar 1% dan 5%. Dengan bantuan program R, diperoleh nilai rasio pelanggaran yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rasio Pelanggaran *Value at Risk* Simulasi Monte Carlo

VaR Simulasi Monte Carlo	
(m_0)	Rasio Pelanggaran
1%	0
5%	0

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Model *Geometric Brownian Motion* (GBM) untuk memprediksi harga saham PT Telkom Indonesia Tbk adalah:
2.
$$\hat{S}_t = \hat{S}_{t-1} \exp \left(\left((-0,00022) - \frac{0,00026}{2} \right) (t - (t - 1)) + 0,01628 \sqrt{t - (t - 1)} Z_{t-1} \right)$$
3. Berdasarkan model GBM dengan bantuan program *R* diketahui bahwa prediksi harga saham PT Telkom Indonesia Tbk memiliki nilai kesalahan prediksi hanya sebesar 2,1%, yang dapat diartikan bahwa akurasi prediksi sangat baik.
4. Berdasarkan hasil perhitungan *Value at Risk* (VaR) pendekatan Simulasi Monte Carlo dengan tingkat kepercayaan 95% berbantuan program *R*, diperoleh hasil prediksi nilai risiko kerugian untuk periode 6 Oktober sampai dengan 12 Oktober 2021 berada pada kisaran -0,02372 sampai dengan -0,02544.
5. Berdasarkan hasil *backtesting* untuk mengevaluasi nilai VaR dengan nilai peluang pelanggaran sebesar 1% dan 5%, dihasilkan rasio pelanggaran sebesar 0, yang berarti tidak ditemukan adanya pelanggaran.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aldilla, G., Sulistianingsih, E., & Rizki, S. W. (2018). Analisis perbandingan nilai value at risk pada metode simulasi historis dan metode transformasi Johnson. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 8(1), 133-140.
- Guloksuz, T. C. (2021). Geometric Brownian motion approach to modelling stock prices. *Focus on Research in Contemporary Economics*, 2(1), 53-63.
- Joshiyura, M. & Peswani, S. (2017). Returns to low risk invesment strategy. *Applied Finance Letters*, 6(1), 1-15.
- Li, Y. S., Li, A. H. & Liu, Z. D. (2018). Two ways of calculating var in risk management: an empirical study based on CSI 300 index. *Procedia Computer Science*, 139(1), 432-439.
- Mamula, M. (2015). Modelling and forecasting international tourism demand – evaluation of forecasting performance. *International Journal of Business Administration*, 6(3), 102-112.
- Mardhiyah, A. (2017). Peranan analisis return dan risiko dalam investasi. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Islam*, 2(1), 1-17.
- Maruddani, D. A. I. & Trimono. (2017). Prediksi harga saham PT Astra Agro Lestari Tbk. dengan jump diffusion model. *Jurnal Riset Akuntansi Mercu Buana*, 3(1), 57-67.
- Quraisy, A. (2020). Normalitas data menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan Saphiro-Wilk. *Journal of Health Education Economics Science and Technology*, 3(1), 7-11.
- Sari, I. M. & Rosha, M. (2019). Pemodelan indeks harga saham pada Jakarta Islamic Index menggunakan generalisasi proses Wiener. *UNP Journal of Mathematics*, 2(3), 27-32.

Sofwan, I. A., Rusgiyono, A., & Suparti. (2014). Analisis nilai risiko (value at risk) menggunakan uji kejadian Bernoulli (Bernoulli coverage test). *Jurnal Gaussian*, 3(2), 233-242.

Trimono, Maruddani, D. A. I., & Ispriyanti, D. (2017). Pemodelan harga saham dengan geometric Brownian motion dan value at risk PT Ciputra Development Tbk. *Jurnal Gaussian*, 6(2), 261-270.