

# Peramalan Harga Saham ADRO dengan Geometric Brownian Motion

Zidni Ilma Nafi'a, Aliffia Yasya Nuraliya, Gilang Atria Mukti, Iqbal Ramadhanu Trenggono

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Profesor DR. HR Boenyamin No.708, Dukuhbandong, Grendeng, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Keyword:

Stocks,  
Forecast,  
Brownian Motion,  
Geometric Brownian Motion.

### Kata Kunci:

Saham,  
Peramalan,  
Gerak Brown,  
Gerak Brown Geometrik.

Corresponding author:

[gilang.mukti@mhs.unsoed.ac.id](mailto:gilang.mukti@mhs.unsoed.ac.id)



Copyright © 2024 by Authors,  
Published by Perwira.  
This is an open access article  
under the CC BY-SA License

## ABSTRACT

Stock prices often experience unpredictable changes, leading to the uncertainty of stock return values. This paper aims to find a mathematical model to predict future stock prices based on past stock price data. One of the models used to predict stock prices is the Brownian Motion Model, which is based on the concept of random movement. The research method used to solve the stock forecasting problem is by using Geometric Brownian Motion by calculating the return value of closing stock prices using Ms. Excel, testing the normality of return value data, modeling stock prices using Geometric Brownian Motion, and calculating the model's accuracy level using MAPE. Based on the model, the accuracy level using MAPE from the calculation results is obtained with a MAPE value of less than 10%, which is 4,93%. Therefore, it can be concluded that the average error deviation generated indicates a high level of forecasting accuracy.

## SARI PATI

Harga saham sering mengalami perubahan yang tidak terduga, sehingga menyebabkan ketidakpastian nilai return saham. Tulisan ini bertujuan untuk menemukan model matematika untuk memprediksi harga saham di masa mendatang berdasarkan data harga saham masa lalu. Salah satu model yang digunakan untuk memprediksi harga saham adalah Brownian Motion Model yang didasarkan pada konsep pergerakan acak. Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan peramalan saham adalah dengan menggunakan Geometric Brownian Motion dengan menghitung nilai return harga saham penutupan menggunakan Ms. Excel, menguji kenormalan data nilai return, memodelkan harga saham menggunakan Geometric Brownian Motion, dan menghitung tingkat akurasi model menggunakan MAPE. Berdasarkan model tersebut, tingkat akurasi menggunakan MAPE dari hasil perhitungan diperoleh dengan nilai MAPE kurang dari 10%, yaitu sebesar 4,93%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa rata-rata simpangan galat yang dihasilkan menunjukkan tingkat akurasi peramalan yang tinggi.

## PENDAHULUAN

Investasi merupakan salah satu kegiatan yang cukup diminati oleh masyarakat Indonesia. Investasi di bidang finansial menarik banyak minat dari para investor adalah investasi di pasar modal. Salah satu surat berharga yang paling banyak diperdagangkan di pasar modal adalah saham.

Keinginan investor untuk melakukan investasi saham didasari oleh keinginan untuk memperoleh keuntungan. Keuntungan berinvestasi saham dapat dilihat dari seberapa besar return saham. Namun, harga saham sering mengalami perubahan yang sulit diprediksi, sehingga berakibat pada tidak pastinya nilai return saham. Oleh karena itu, diperlukan model matematis untuk memprediksi harga saham di masa yang akan datang berdasarkan data harga saham yang masa lalu.

Salah satu model yang digunakan untuk memprediksi harga saham adalah model Gerak Brown, yang mendasarkan diri pada konsep pergerakan acak. Gerak Brown adalah proses stokastik di mana perubahan harga saham dianggap sebagai variabel acak independen dan stasioner. Model ini dikembangkan oleh fisikawan Louis Bachelier pada awal abad ke-20 dan menjadi dasar bagi teori harga opsi serta banyak pendekatan peramalan saham.

Salah satu perusahaan yang menjadi sorotan para pelaku pasar adalah Adaro Energy Tbk (ADRO), perusahaan yang bergerak di sektor energi dan memiliki potensi besar dalam dunia investasi saham. Pada artikel ini, kita

akan menjelajahi konsep peramalan harga saham Adaro Energy Tbk (ADRO) dengan menggunakan pendekatan *Geometric Brownian Motion* (GBM). Metode ini telah menjadi alat yang populer dalam menganalisis perilaku harga saham, terutama karena kemampuannya untuk menggambarkan fluktuasi harga dengan mengintegrasikan aspek-aspek stokastik dalam pergerakan harga saham.

Dalam pengembangan peramalan menggunakan model *Geometric Brownian Motion* untuk saham ADRO, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk menyesuaikan parameter model dengan data historis harga saham. Penerapan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dengan menggunakan metode maximum likelihood sebelumnya pernah dilakukan pada data nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika Serikat [1]. Penelitian lain terkait GBM digunakan untuk menganalisis harga Opsi Rainbow di pasar saham. Pasar saham mencakup dua perusahaan yaitu Pfizer dan Walmart. Hasilnya menunjukkan bahwa Opsi Rainbow harus diberi harga antara maks opsi panggilan dan jumlah dari pilihan. Ini dapat membuktikan teori harga opsi Rainbow dengan sukses [2] (Ditasari, et al, 2021). Oleh karena itu, dalam artikel ini akan meramalkan saham ADRO dengan *Geometric Brownian Motion*. Hal ini bertujuan untuk melakukan pemodelan harga saham Adaro Energy Tbk dengan menggunakan Gerak Brown Geometri.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Saham

Menurut Hasan, saham didefinisikan sebagai sebagai tanda kepemilikan investor baik individual maupun badan usaha dalam suatu perusahaan [3]. Saham merupakan salah satu instrumen pasar modal yang paling banyak diminati oleh investor karena tingkat pengembalian yang menarik meskipun sangat berisiko.

Apabila *return (yield)* saham tersebut melebihi tingkat *return* yang diharapkan sebesar, maka saham tersebut dianggap efisien dan keputusan investor adalah mengadopsi atau membeli saham tersebut. Sebaliknya pada saham, jika *return* saham tersebut lebih kecil dari *return* yang diharapkan sebesar maka dianggap tidak efisien sehingga keputusan investor adalah menjual saham tersebut sebelum harga saham tersebut turun [4].

## 2.2 Return Saham

*Return* merupakan keuntungan yang diterima investor dari hasil investasinya di pasar modal. Menurut Ruppert dan David, ada tiga jenis model pendapatan: pendapatan bersih, pendapatan kotor, dan pendapatan log. Dalam studi ini, pengembalian logaritmik, juga dikenal sebagai pengembalian majemuk berkelanjutan, digunakan dan didefinisikan sebagai [5]:

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

dengan

$R_t$  : *Return* saham pada saat  $t$

$S_t$  : Harga saham pada saat  $t$

$S_{t-1}$  : Harga saham pada saat  $t - 1$

## 2.3 Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan suatu mekanisme yang digunakan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam uji normalitas adalah *Kolmogorov-Smirnov*. Langkah-langkah pengujian *Kolmogorov Smirnov* adalah sebagai berikut [6]:

a. Hipotesis

$H_0$  : Data *return* berdistribusi normal

$H_1$  : Data *return* tidak berdistribusi normal

b. Taraf signifikansi ( $\alpha$ ). Pada penelitian ini digunakan  $\alpha = 5\%$ .

c. Daerah kritis ( $D_{\alpha,n}$ ).

d. Statistik uji menggunakan persamaan berikut:

$$D_{hitung} = \max |F(Z_i) - F(x_i)| \quad (2)$$

dengan

$F(Z_i)$  : Fungsi distribusi yang dihipotesiskan berdistribusi normal

$F(x_i)$  : Fungsi distribusi kumulatif dari data sampel

e. Kriteria Pengujian

Kriteria pengujian yang digunakan adalah jika  $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ , maka  $H_0$  diterima yang berarti data sampel berdistribusi normal. Jika  $D_{hitung} > D_{\alpha,n}$ , maka  $H_0$  ditolak yang berarti data tidak berdistribusi normal.

f. Kesimpulan

Pengujian *Kolmogorov-Smirnov* juga dapat dilakukan dengan bantuan *software* SPSS. Pada uji normalitas dengan menggunakan *software* SPSS, apabila nilai *P-value*  $> \alpha$ , maka  $H_0$  diterima yang berarti sampel berdistribusi

normal. Sebaliknya, jika nilai  $P\text{-value} < \alpha$ , maka  $H_0$  ditolak yang berarti data tidak berdistribusi normal.

**2.4 Gerak Brown**

Suatu proses stokastik  $\{X(t), t \geq 0\}$  disebut Gerak Brown jika memenuhi [7]:

1.  $X(0) = 0$ , artinya, posisi pada saat  $t = 0$  adalah 0.
2.  $\{X(t), t \geq 0\}$  memiliki *increment* yang saling bebas dan stasioner  $\{X(t), t \geq 0\}$  memiliki *increment* yang saling bebas, jika  $\forall t_1 < t_2 < \dots < t_n, X(t_n) - X(t_{n-1}), X(t_{n-1}) - X(t_{n-2}), \dots, X(t_2) - X(t_1), X(t_1)$  saling independen dan masing-masing *increment* berdistribusi normal, dengan *mean* dan variansi sebagai berikut  
 $E(X(t_n) - X(t_{n-1})) = 0$   
 $Var(X(t_n) - X(t_{n-1})) = t_n - t_{n-1}$   
 $\{X(t), t \geq 0\}$ , memiliki *increment* yang stasioner jika  $X(t+s) - X(t)$  mempunyai distribusi yang sama untuk semua  $t$ .

**2.5 Persamaan Diferensial Stokastik**

Persamaan diferensial stokastik banyak digunakan sebagai representasi matematis dari banyak masalah-masalah aplikasi seperti di bidang dinamika populasi, penelitian di bidang psikologi, investasi keuangan, hidrologi dan lain-lain. Gerak Brown dengan suku drift ( $\mu$ ) dan parameter variansi ( $\sigma^2$ ) mempunyai persamaan diferensial stokastik sebagai berikut [8]:

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t) dX(t) \tag{3}$$

dengan

- $dS(t)$  : Perubahan variabel acak pada saat  $t$
- $\mu$  : drift
- $\sigma$  : volatilitas
- $X(t)$  : Gerak Brown standar

**2.6 Gerak Brown Geometrik**

Menurut Brigo, et al [9], pada gerak Brown geometrik, *return* saham diasumsikan berdistribusi normal, yang artinya keuntungan yang diperoleh investor dapat bernilai positif ataupun negatif. Model gerak Brown geometrik banyak digunakan untuk mendeskripsikan perilaku acak dari harga saham. Persamaan umum dari model Gerak Brown Geometrik dengan  $\{X(t), t \geq 0\}$ , didefinisikan sebagai berikut:

$$B(t) = \ln \frac{X(t)}{X(t-1)} \tag{4}$$

dengan  $B(t)$  merupakan *return* saham pada waktu ke- $t$ .

**2.7 Model Harga Saham Geometric Brown Motion (GBM)**

Model *Geometric Brown Motion* (GBM) dapat diperoleh melalui Teorema Ito sebagai berikut :

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t) dX(t) \tag{5}$$

dengan

- $S(t)$  : harga saham pada waktu ke- $t$
  - $\mu$  : nilai ekspektasi dari *return*
  - $\sigma$  : volatilitas saham (standar deviasi dari saham)
  - $X(t)$  : Gerak Brown standar
- maka berdasarkan teorema Ito, fungsi  $G = F(S(t), t)$  adalah sebagai berikut:

$$dF(S(t), t) = \left(\frac{\partial F(S(t), t)}{\partial S(t)}\right)\mu(S(t), t) + \frac{\partial^2 F(S(t), t)}{\partial S(t)^2}\sigma^2 S(t)^2 dt + \frac{\partial F(S(t), t)}{\partial S(t)}\sigma S(t)dW(t) \tag{6}$$

dengan nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  merupakan parameter dari variabel  $S(t)$  dan  $t$  serta  $W(t)$  adalah Gerak Brown. Misalkan fungsi  $F(S(t), t) = \ln S(t)$ , maka diperoleh persamaan:

$$\frac{\partial F(S(t), t)}{\partial S(t)} = \frac{1}{S(t)} \tag{7}$$

$$\frac{\partial^2 F(S(t), t)}{\partial S(t)^2} = -\frac{1}{S(t)^2} \tag{8}$$

$$\frac{\partial(\ln S(t))}{\partial t} = 0 \tag{9}$$

selanjutnya, persamaan (7),(8),(9) dan disubstitusikan pada persamaan (6), sehingga diperoleh:

$$d(\ln S(t)) = \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)dt + dW(t) \tag{10}$$

Menurut Abidin dan Jaffar [9], apabila perubahan harga saham periode sebelumnya dengan harga saham pada periode sekarang berselisih satu hari, dimana  $t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n$ , maka model harga saham *Geometric Brownian Motion* diperoleh:

$$\widehat{S}(t) = \widehat{S}(t_{i-1})\exp\left(\left(\hat{\mu} + \frac{\sigma^2}{2}\right)(t_i - t_{i-1}) + \widehat{\sigma}\sqrt{t_i - t_{i-1}}Z_{i-1}\right) \tag{11}$$

**2.8 Maximum Likelihood Estimation (MLE) untuk Data Berdistribusi Normal**

Misalkan  $X_1, X_2, \dots, X_n$  merupakan sampel acak dengan pdf  $f(x_i, \theta)$  dan fungsi likelihood  $L(\theta)$ . Nilai  $\hat{\theta} = \theta(X_1, X_2, \dots, X_n)$  yang memaksimalkan  $L(\theta)$  yakni  $L(\hat{\theta}) \geq L(\theta)$  untuk semua  $\theta \in \theta$  dinamakan MLE untuk  $\theta$ .

Selanjutnya dibentuk fungsi *Likelihood*, maka diperoleh:

$$(\mu, \sigma^2) = -\frac{n}{2}\sum_{i=1}^n \ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2.$$

Nilai optimal  $\mu$  diperoleh dengan kondisi  $\frac{\partial l(\mu, \sigma^2)}{\partial \mu} = 0$  yaitu  $\sum_{i=1}^n x_i - n\mu = 0$ ,

Diperoleh

$$\mu_{MLE} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{12}$$

Demikian pula nilai optimal  $\sigma^2$  diperoleh dengan memenuhi kondisi  $\frac{\partial l(\mu, \sigma^2)}{\partial \sigma^2} = 0$ , yaitu

$$-\sigma^2_{MLE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_{MLE})^2 \tag{13}$$

dengan

- $x$  = return
- $\sigma^2$  = variansi dari return
- $\mu$  = ekspektasi dari return

**2.9 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

*Mean Absolute Percentage Error* adalah rata-rata persentase absolut dari kesalahan peramalan. MAPE digunakan untuk menguji model peramalan dan ditampilkan dalam bentuk persentase. Apabila nilai MAPE yang dihasilkan semakin kecil maka model peramalan tersebut semakin baik. Rumus dari MAPE didefinisikan sebagai berikut [11]:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^n \frac{|S(t) - F(t)|}{S(t)} \cdot 100\%$$

dengan

- $n$  : Banyaknya data harga saham
- $S(t)$ : Nilai aktual harga saham pada waktu ke- $t$
- $F(t)$ : Nilai prediksi harga saham pada waktu ke- $t$
- Untuk mengetahui akurasi peramalan dapat

dilihat pada tabel berikut[9]:

**Tabel 1.** Tingkat Akurasi Prediksi pada Nilai MAPE

Persentase MAPE	Tingkat Akurasi
< 10%	Akurasi peramalan tinggi
11% – 20%	Akurasi peramalan baik
21% – 50%	Akurasi peramalan biasa
> 51%	Akurasi peramalan tidak akurat

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan peramalan saham Bukalapak menggunakan Geometric Brownian Motion diuraikan sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai *return* harga penutupan saham syariah menggunakan Ms. Excel.
- 2) Menguji normalitas data nilai *return*.
- 3) Melakukan pemodelan harga saham menggunakan Gerak Brown Geometrik.
- 4) Menghitung tingkat akurasi model dengan menggunakan MAPE.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan data harian Harga Penutupan (*close*) saham PT Adaro Energy Tbk (TBK) periode 23 September 2023 - 7 November 2023. Data tersebut diambil dari *website* Investing.com pada 26 November 2023.

**4.1 Return Harga Penutupan Saham**

*Return* saham atau tingkat pengembalian yang diterima oleh seorang investor dalam kasus ini *return* merupakan  $B(t)$ , sehingga berdasarkan data harian Harga Penutupan (*Close*) saham Adaro Energy Tbk (ADRO) periode 26 September 2023 - 7 November 2023, grafik perkembangan nilai *return* dapat dilihat seperti berikut



**Gambar 1** Grafik *Return* Saham Adaro Energy Tbk (ADRO)

**4.2 Uji Normalitas**

Pengujian pertama yang harus dilakukan adalah memastikan bahwa data harian harga Penutupan (*close*) saham Adaro Energy Tbk (ADRO) periode 26 September 2023 - 7 November 2023 berdistribusi normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		return
N		29
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	.003952
	Std. Deviation	.0255626
Most Extreme Differences	Absolute	.122
	Positive	.122
	Negative	-.081
Test Statistic		.122
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 <sup>c,d</sup>

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

**Gambar 2** Output Uji *Kolmogorov-Smirnov*

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* dan diperoleh  $P - value = 0,200 > \alpha = 0,05$ , yang

artinya bahwa nilai *return* saham Adaro Energy Tbk (ADRO) berdistribusi normal dan memenuhi asumsi Gerak Brown Geometrik.

**4.3 Model**

Berdasarkan data tersebut parameter harga saham Geometric Brownian Motion meliputi nilai variansi dari *return* ( $\sigma^2$ ), ekspektasi dari *return* ( $\hat{\mu}$ ), dan nilai volatilitas saham ( $\hat{\sigma}$ ), dengan menggunakan persamaan (12) dan (13). Diperoleh:

$$\hat{\mu} = 0.00382 \quad (14)$$

$$\sigma^2 = 0.00067 \quad (15)$$

$$\hat{\sigma} = 0.02585 \quad (16)$$

kemudian didistribusikan persamaan (14), (15), dan (16) kedalam persamaan (11) sehingga diperoleh model harga saham *Geometric Brownian Motion* Adaro Energy Tbk (ADRO):

$$\widehat{S}(t) = \hat{S}(t_{i-1}) \exp((0.00382 + \frac{0.00067}{2})(t_i - t_{i-1}) + 0.02585\sqrt{t_i - t_{i-1}}Z_{i-1})$$

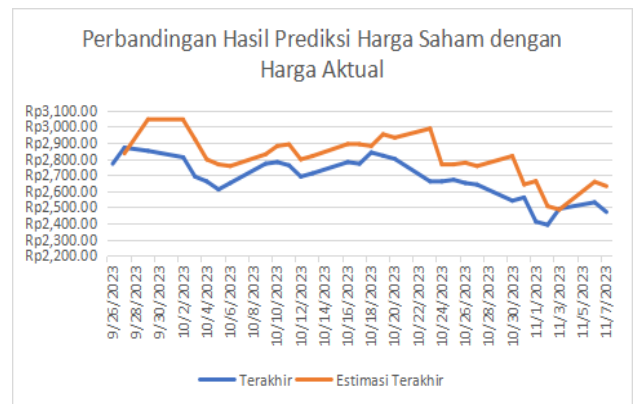
**4.4 Hasil Peramalan dan Tingkat Akurasi**

Setelah diperoleh model *Geometric Brownian Motion*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan prediksi harga saham Adaro Energy Tbk (ADRO) menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

**Tabel 2** Hasil Perhitungan Prediksi Harga Saham Adaro Energy Tbk (ADRO)

Tanggal	Close	Estimasi Close( $\widehat{S}(t)$ )
---------	-------	---------------------------------------

10/25/2023	Rp2,670.00	Rp2,765.77
10/26/2023	Rp2,650.00	Rp2,776.16
10/27/2023	Rp2,640.00	Rp2,755.37
10/30/2023	Rp2,540.00	Rp2,817.77
10/31/2023	Rp2,560.00	Rp2,641.00
11/1/2023	Rp2,410.00	Rp2,661.79
11/2/2023	Rp2,390.00	Rp2,505.83
11/3/2023	Rp2,490.00	Rp2,485.03
11/6/2023	Rp2,530.00	Rp2,657.67
11/7/2023	Rp2,470.00	Rp2,630.60



**Gambar 3** Perbandingan Hasil Prediksi Harga Saham dengan Harga Aktual

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai MAPE kurang dari 10% yaitu 4,93%. Jadi dapat disimpulkan bahwa rata-rata

simpangan error yang dihasilkan menunjukkan tingkat akurasi peramalan tinggi.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Model estimasi parameter *Geometric Brownian Motion* dengan menggunakan metode *maximum likelihood* diperoleh  $\hat{\mu} = 0.00382$ ; nilai  $\sigma^2 = 0.00067$ ;  $\hat{\sigma} = 0.02585$ . Maka model harga saham *Geometric Brownian Motion* Adaro Energy Tbk (ADRO):

$$\widehat{S}(t) = \widehat{S}(t_{i-1}) \exp\left(\left(0.0038 + \frac{0.00067}{2}\right)(t_i - t_{i-1}) + 0.02585\sqrt{t_i - t_{i-1}}Z_{i-1}\right)$$

berdasarkan model diperoleh tingkat akurasi menggunakan MAPE, dari hasil perhitungan diperoleh nilai MAPE kurang dari 10% yaitu 4,93%. Jadi dapat disimpulkan bahwa rata-rata simpangan error yang dihasilkan menunjukkan tingkat akurasi peramalan tinggi.

Akan tetapi, pada artikel ini parameter drift dan volatilitas yang digunakan diasumsikan konstan, padahal pada kenyataannya parameter-parameter tersebut juga mengalami perubahan setiap waktu. Oleh karena itu disarankan agar dilakukan pemilihan parameter drift dan volatilitas yang tepat, agar dapat memperkecil error yang dihasilkan sehingga didapatkan hasil prediksi yang lebih akurat.



## REFERENSI

- B. E. Seftyanda, Darminto, and M. Saifi, "Analisis Metode Capital Asset Pricing Model (CAPM) Sebagai Dasar Pengambilan Keputusan Investasi Saham," *J. Adm. Bisnis*, vol. 17, no. 2, pp. 1-9, 2014.
- D. J. Higham, "An algorithmic introduction to numerical simulation of stochastic differential equations," *SIAM Rev.*, vol. 43, no. 3, hal. 525–546, 2001, doi: 10.1137/S0036144500378302.
- D. Ruppert dan D. S. Matteson, "Springer Texts in Statistics Statistics and Data Analysis for Financial Engineering with R examples Second Edition."
- et al Brigo, "A Stochastic Processes Toolkit for Risk Management," *Journal of Risk Management in Financial Institution*, vol. 1, no. 4, pp. 5–13, 2008.
- H. M. Taylor and S. Karlin, *An Introduction to Stochastic Modeling*, 3th ed. San Deigo, CA: Academic Press, 1998
- N. Hasan, F. A. O. Pelleng, dan J. V. Mangindaan, "Analisis Capital Asset Pricing Model (CAPM) Sebagai Dasar Pengambilan Keputusan Berinvestasi Saham (Studi pada Indeks Bisnis-27 di Bursa Efek Indonesia)," *J. Adm. Bisnis*, vol. 8, no. 1, hal. 36, 2019, doi: 10.35797/jab.8.1.2019.23498.36-43.
- P. Ditasari, E. Rohaeti, and I. Kamila, "Aplikasi Geometric Brownian Motion dengan Jump Diffusion dalam Memprediksi Harga Saham Liquid Quality 45," *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 111–119, Jun. 2022, doi: 10.34312/euler.v10i1.14655.
- S. Journal, A. Statistical, dan N. Mar, "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit Author ( s ): Frank J . Massey , Jr . Published by : Taylor & Francis , Ltd . on behalf of the American Statistical Association Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2280095>," vol. 46, no. 253, hal. 68–78, 2017.
- S. N. Z. Abidin and M. M. Jaffar, "Forecasting Share Prices of Small Size Companies in Bursa Malaysia Using Geometric Brownian Motion," *Applied Mathematics & Information Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 107–112, Jan. 2014, doi: 10.12785/amis/080112.
- S. N. Z. Abidin dan M. M. Jaffar, "Forecasting share prices of small size companies in Bursa Malaysia using geometric Brownian motion," *Appl. Math. Inf. Sci.*, vol. 8, no. 1, hal. 107–112, 2014, doi: 10.12785/amis/080112.
- Sa'diah, "Penerapan Geometric Brownian Motion pada Peramalan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika Serikat," *SKRIPSI*, Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2021.