

## **SIMULASI PERGERAKAN HARGA SAHAM MENGGUNAKAN PENDEKATAN METODE MONTE CARLO**

**Lusiana, Shantika Martha, Setyo Wira Rizki**

### **INTISARI**

*Saham merupakan surat berharga sebagai bukti tanda penyertaan atau kepemilikan seseorang atau badan hukum dalam suatu perusahaan. Harga saham berubah-ubah secara tidak pasti dipengaruhi beberapa faktor internal dan eksternal. Pergerakan harga saham yang mengikuti proses stokastik bergerak acak pada selang waktu tertentu, menyebabkan harga saham sulit untuk diprediksi, maka digunakan metode simulasi Monte Carlo untuk mengembangkan kemungkinan harga saham yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi Monte Carlo dalam menentukan pergerakan harga saham dari suatu perusahaan. Langkah dalam proses simulasi Monte Carlo yaitu membangkitkan bilangan acak dari harga saham serta menentukan harga saham didasarkan pada model harga saham. Simulasi yang dilakukan menghasilkan harga saham yang mungkin terjadi berdasarkan rata-rata harga saham. Hasil penelitian diperoleh nilai volatilitas atau besarnya fluktuasi harga saham PT.Astra Agro Lestari Tbk mulai dari tanggal 6 Juni 2016 sampai 31 Mei 2017 sebesar 0,2752 dan perbandingan pergerakan harga saham historis dengan rata-rata hasil 20 kali simulasi dengan metode Monte Carlo menunjukkan pola pergerakan yang sangat baik dengan mengikuti pola pergerakan data harga saham sebenarnya dengan nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebesar 1,89%.*

**Kata kunci :** Model harga saham, Simulasi Monte Carlo

### **PENDAHULUAN**

Saham merupakan surat berharga sebagai bukti tanda penyertaan atau kepemilikan seseorang atau badan hukum dalam suatu perusahaan, khususnya perusahaan yang memperdagangkan sahamnya [1]. Kondisi pasar modal Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menjadi perhatian banyak pihak, khususnya para pelaku bisnis. Hal ini dipengaruhi oleh meningkatnya kesadaran masyarakat untuk berinvestasi atau menjadi seorang investor. Keputusan investor untuk berinvestasi saham didasari oleh keinginan untuk memperoleh keuntungan. Keuntungan berinvestasi saham dapat dilihat dari besarnya *return* saham. Harga saham sering mengalami perubahan (berfluktuasi) yang sulit diprediksi, sehingga berakibat pada tidak pastinya nilai *return* saham [2]. Beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan harga saham, seperti faktor yang disebabkan dari internal (pendapatan perusahaan dan dividen yang dibagikan) dan eksternal (tingkat suku bunga, kebijakan moneter dan fiskal serta situasi perekonomian) suatu perusahaan. Berdasarkan hal tersebut harga saham bergerak acak (*random*) pada selang waktu tertentu yang merupakan suatu proses stokastik.

Dalam memprediksi harga saham dimasa mendatang berdasarkan data harga saham masa laluyang mengikuti proses stokastik, maka dibentuk suatu model matematika dari suatu Persamaan Diferensial Stokastik (PDS), sehingga terbentuk suatu solusi model harga saham yang digunakan untuk memprediksi harga saham berdasarkan nilai *return* saham periode sebelumnya [2]. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan pergerakan harga saham adalah dengan menggunakan pendekatan proses pembangkitan bilangan acak atau yang dikenal dengan simulasi *Monte Carlo*. Simulasi *Monte Carlo* merupakan metode yang memberikan segala kemungkinan nilai dari suatu peubah acak yang menggunakan rata-ratanya sebagai penaksir nilai eksaknya, serta mengasumsikan bahwa *return* saham berdistribusi normal [3]. Simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode yang mempelajari sistem dengan

melakukan percobaan yang samplingnya berbasis pada komputer. Dalam penelitian ini langkah dalam proses simulasi *Monte Carlo* yaitu membangkitkan bilangan acak dari harga saham serta menentukan harga saham yang didasarkan pada model harga saham. Simulasi yang dilakukan dapat menghasilkan harga saham yang mungkin terjadi sehingga dapat ditentukan berdasarkan rata-rata harga saham.

Tujuan penelitian ini adalah mensimulasikan pergerakan harga saham perusahaan PT.Astra Agro Lestari Tbk menggunakan model harga saham dengan metode simulasi *Monte Carlo*. Penelitian ini hanya dibatasi pada masalah penerapan model pergerakan harga saham dengan metode simulasi *Monte Carlo* dengan menggunakan data harga saham selama 1 tahun.

Perhitungan pergerakan harga saham dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel*. Langkah pertama menghitung nilai *return* saham berdasarkan data harga saham PT.Astra Agro Lestari Tbk dari tanggal 6 Juni 2016 sampai dengan 31 Mei 2017 yang diakses langsung dari [www.yahoofinance.com](http://www.yahoofinance.com) [4]. Langkah kedua, melakukan uji normalitas pada data *return* saham dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Langkah ketiga adalah menghitung nilai ekspektasi *return* ( $\mu$ ), variansi ( $\sigma^2$ ) dan volatilitas harga saham berdasarkan data *return* yang diperoleh. Langkah terakhir adalah mensimulasikan pergerakan harga saham  $S(t)$  berdasarkan model harga saham dengan menggunakan metode Simulasi *Monte Carlo*.

## PROSES STOKASTIK

Setiap variabel yang nilainya berubah dari waktu ke waktu secara tidak pasti dikatakan mengikuti proses stokastik. Proses stokastik didefinisikan [5] :

**Definisi 1.** Proses stokastik adalah kumpulan variabel random  $\{W(t); t \in T\}$  dengan  $t$  menyatakan waktu dan  $W(t)$  menyatakan proses pada saat  $t$ .

Proses stokastik yang sering digunakan dalam menggambarkan pergerakan acak dari suatu variabel acak adalah gerak *Brown*. Gerak *Brown* merupakan proses stokastik dimana suatu perubahan terjadi dalam waktu yang cukup singkat.

## LEMMA ITO

Lemma Ito ditemukan oleh seorang ahli K. Ito pada tahun 1951. Lemma Ito pada [5] dinyatakan sebagai berikut :

**Lemma 2.** Jika  $F(x,t)$  merupakan fungsi kontinu yang dapat diturunkan secara parsial terhadap  $x$  dan  $t$ , yaitu  $\frac{\partial F}{\partial t}, \frac{\partial F}{\partial x}, \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}$  ada. Kemudian didefinisikan persamaan diferensial stokastik dari variabel  $x$  dengan mean  $a(x,t)$  dan variansi  $b^2(x,t)$ ,

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)dW(t)$$

dengan  $dW(t)$  merupakan gerak *Brown*,  $a$  dan  $b$  adalah fungsi-fungsi dari  $x$  dan  $t$ , maka sebuah fungsi  $F$  dari  $x$  dan  $t$  akan mengikuti proses

$$dF = \left( \frac{\partial F}{\partial t} + a \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{1}{2} b^2 \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \right) dt + b \frac{\partial F}{\partial x} dB(t)$$

**Bukti :**  $F$  merupakan fungsi kontinu dan diturunkan terhadap  $x$ . Jika  $\Delta x$  adalah perubahan yang sangat kecil pada  $x$  dan  $\Delta F$  adalah perubahan yang sangat kecil pada  $F$ , maka

$$\Delta F \approx \frac{\partial F}{\partial t} \Delta t \quad (1)$$

Dengan menggunakan deret *Taylor*, maka perluasan  $\Delta F$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta F = \frac{dF}{dx} \Delta x + \frac{1}{2} \frac{d^2 F}{dx^2} \Delta x^2 + \frac{1}{6} \frac{d^3 F}{dx^3} \Delta x^3 + \dots \quad (2)$$

dengan menggunakan perluasan deret Taylor dari  $\Delta F$  diperoleh sebagai berikut:

$$\Delta F = \frac{\partial F}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial F}{\partial t} \Delta t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \Delta x^2 + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial t} \Delta x \Delta t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial t^2} \Delta t^2 + \dots \quad (3)$$

karena limit dari  $\Delta x \rightarrow 0$  dan  $\Delta t \rightarrow 0$ , dan  $\Delta x^2$  diabaikan karena merupakan turunan kedua, sehingga Persamaan (3) menjadi :

$$dF = \frac{\partial F}{\partial x} dx + \frac{\partial F}{\partial t} dt \quad (4)$$

Misalkan suatu variabel  $x$  mengikuti proses Ito sebagai berikut:

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)dW(t) \quad (5)$$

Pada interval waktu yang kecil  $\Delta t$ , perubahan  $x$  adalah  $\Delta x$ , dengan demikian Persamaan (5) menjadi :

$$dx = a(x,t)dt + b(x,t)\varepsilon\sqrt{\Delta t}$$

Atau lebih sederhana dapat ditulis :

$$\begin{aligned} \Delta x &= a\Delta t + b\varepsilon\sqrt{\Delta t} \\ (\Delta x)^2 &= (a\Delta t + b\varepsilon\sqrt{\Delta t})^2 \Rightarrow a^2\Delta t^2 + 2ab\varepsilon\sqrt{\Delta t}\Delta t + b^2\varepsilon^2\Delta t \end{aligned} \quad (6)$$

Hal ini menunjukkan bahwa  $\Delta x^2$  pada Persamaan (6) merupakan suatu komponen orde  $\Delta t$  yang tidak dapat diabaikan. Diketahui variansi pada distribusi Normal Standar adalah 1, sehingga

$$Var(\varepsilon) = E(\varepsilon^2) - (E(\varepsilon))^2 = 1$$

$E$  merupakan nilai ekspektasi. Karena  $E(\varepsilon) = 0$ , maka  $E(\varepsilon^2) = 1$

Sehingga diperoleh

$$E(\varepsilon^2\Delta t) = \Delta t E(\varepsilon^2) = \Delta t \cdot 1 = \Delta t$$

Maka

$$Var(\varepsilon^2\Delta t) = \Delta t^2 Var(\varepsilon^2) \quad (7)$$

Pada Persamaan (7) dinyatakan sebagai orde  $\Delta t^2$ , hal ini menunjukkan bahwa  $\varepsilon^2\Delta t$  bukan merupakan variabel stokastik dan sama pada nilai ekspektasi dari  $\Delta t$ , yaitu  $\Delta t \rightarrow 0$ . Dengan demikian, Persamaan (6) menjadi variabel non stokastik dan hasilnya  $b^2 dt$  karena  $\Delta t \rightarrow 0$ .

Karena limit  $\Delta x$  dan  $\Delta t$  menuju 0 dan berdasarkan uraian di atas, maka Persamaan (3) menjadi :

$$dF = \frac{\partial F}{\partial x} dx + \frac{\partial F}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} b^2 dt \quad (8)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (5) ke Persamaan (8) maka diperoleh

$$dF = \left( \frac{\partial F}{\partial x} a + \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} b^2 \right) dt + \frac{\partial F}{\partial x} dW$$

Lemma Ito digunakan untuk menentukan harga saham untuk pembahasan selanjutnya.

## PERGERAKAN HARGA SAHAM

Karakteristik nilai harga saham yang berubah-ubah terhadap waktu dengan pola yang tidak terduga, menyebabkan pergerakan harga saham dimodelkan sebagai proses stokastik, dan dapat digolongkan ke dalam proses stokastik variabel kontinu-waktu kontinu. Hal ini disebabkan oleh harga saham dapat berubah secara acak pada selang waktu tertentu, dan dapat berubah pada waktu kapan saja.

Oleh karena itu, pergerakan harga saham dapat dilihat sebagai PDS sebagai berikut:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dW \quad (9)$$

Dengan  $\mu$  dan  $\sigma$  adalah konstan. Persamaan (9) yang dikenal sebagai Gerak Brown Geometri yang digunakan untuk memodelkan pergerakan harga saham. Model tersebut mengasumsikan bahwa *return* saham masa lalu berdistribusi normal dan  $W$  adalah gerak *Brown* Standar [5].

Selanjutnya diberikan suatu fungsi  $F$  dari  $S$ , dengan menggunakan lemma Ito diperoleh :

$$dF = \left( S \mu \frac{\partial G}{\partial S} + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} S^2 \sigma^2 \frac{\partial^2 G}{\partial S^2} \right) dt + S \sigma \frac{\partial G}{\partial S} dW$$

$$\frac{dS}{S} = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dW \quad (10)$$

Dengan  $\sigma$  adalah volatilitas saham dan  $\mu$  adalah ekspektasi dari *return*. Jika perubahan harga saham periode sekarang dengan harga saham pada periode sebelumnya berselisih satu hari, dimana  $t_0 < t_1 < \dots < t_n$  untuk suatu interval waktu, katakan  $(t-1, t)$  maka dengan mengintegrasikan Persamaan (10) menjadi :

$$\int_{t-1}^t \frac{dS}{S} = \int_{t-1}^t \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \int_{t-1}^t \sigma dW$$

$$\ln S(t) - \ln S(t-1) = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (t - (t-1)) + \sigma (W(t) - W(t-1))$$

$$\ln \left( \frac{S(t)}{S(t-1)} \right) = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (t - (t-1)) + \sigma (W(t) - W(t-1)) \quad (11)$$

Sehingga diperoleh solusi dari Persamaan (11) adalah sebagai berikut :

$$\hat{S}(t) = S(t-1) e^{\left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (t - (t-1)) + \sigma (W(t) - W(t-1))} \quad (12)$$

Dengan  $S(t)$  adalah harga saham pada waktu  $t$ ,  $S(t-1)$  adalah harga saham pada waktu  $(t-1)$ , dan parameter model Persamaan (12) meliputi ekspektasi *return* saham ( $\mu$ ), variansi *return* ( $\sigma^2$ ) dan nilai volatilitas saham ( $\sigma$ ) [2].

### RETURN SAHAM

Return saham merupakan hasil keuntungan yang diperoleh dari suatu investasi yang dilakukan. Nilai dari suatu *return* bisa positif maupun negative tergantung kondisi *real* dari asset investasinya. Untuk menghitung nilai *return*  $R(t)$  digunakan rumus sebagai berikut [2]:

$$R(t) = \ln \left( \frac{S(t)}{S(t-1)} \right) \quad (13)$$

### VOLATILITAS SAHAM

Volatilitas saham merupakan nilai standar deviasi dari *return*. Volatilitas sering digunakan untuk mengukur tingkat resiko dari suatu saham. Nilai volatilitas yang tinggi menunjukkan bahwa harga saham berubah naik dan turun dengan *range* yang sangat lebar, sedangkan volatilitas dikatakan rendah jika harga saham jarang berubah atau cenderung konstan. Metode untuk mengestimasi volatilitas *return* saham adalah volatilitas historis, yaitu volatilitas yang dihitung berdasarkan pada harga saham masa lalu, dengan anggapan bahwa perilaku harga saham dimasa lalu dapat mencerminkan perilaku harga saham dimasa mendatang.

Cara menghitung nilai volatilitas saham digunakan Persamaan (13) sebagai berikut [6] :

$$\sigma = \sqrt{\text{Jumlah hari perdagangan} \times \left( \frac{\sum_{i=1}^n (R(t) - \overline{R(t)})^2}{n-1} \right)} \tag{14}$$

**SIMULASI MONTE CARLO**

Simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode analisis numerik yang melibatkan pengambilan sampel percobaan bilangan acak dan sampel yang berbasis pada komputer, dan merupakan bentuk simulasi probabilistik dimana solusi dari suatu masalah diberikan berdasarkan proses *random* (acak). Bilangan acak digunakan untuk menjelaskan kejadian acak setiap waktu dari variabel acak dan secara berurutan mengikuti setiap perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses simulasi [7].

Diberikan bilangan acak  $X_1, X_2, \dots, X_n$  yang berdistribusi secara normal dan saling bebas, didefinisikan sebagai suatu penjumlah parsial  $X_n$ , dimana :

$$X_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Dengan  $X_n = 0$  adalah gabungan  $X_n$  yang merupakan rata-rata sampel yang didefinisikan dengan  $\overline{X}_n = \frac{X_n}{n}$ . Dimisalkan penaksir  $\theta$  adalah nilai harapan dari bilangan acak  $X$ , maka dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\theta = E[X]$$

Dalam penjumlahan, dapat diperoleh nilai dari bilangan acak bebas yang mempunyai distribusi peluang yang sama terhadap  $S$ . Dimisalkan  $M$  adalah banyaknya simulasi, maka diperoleh suatu nilai  $X_1, X_2, \dots, X_M$  sehingga dapat ditulis sebagai berikut :

$$\overline{X} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i \tag{15}$$

Persamaan (15) merupakan rata-rata, dimana  $\overline{X}$  merupakan nilai harapan. Selanjutnya untuk mencari nilai harapan dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut [8]:

$$E[\overline{X}] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M E[X_i] = \theta \tag{16}$$

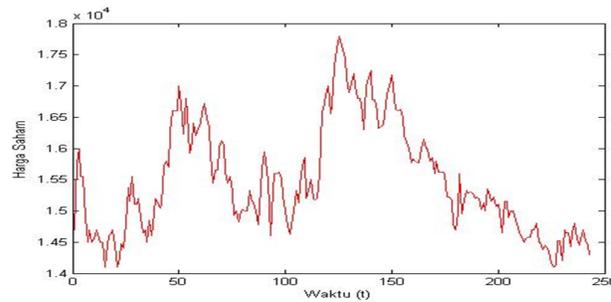
Adapun langkah-langkah dalam perhitungan simulasi harga saham menggunakan metode Monte Carlo sebagai berikut [3] :

1. Menentukan data saham yang akan digunakan
2. Menghitung nilai *return* dari data saham
3. Uji normalitas data *return* saham dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*
4. Menghitung nilai ekspektasi saham ( $\mu$ ), variansi ( $\sigma^2$ ), dan volatilitas ( $\sigma$ ) dari data *return* saham. Melakukan simulasi harga saham dengan model harga saham menggunakan metode simulasi *Monte Carlo*
5. Menghitung error prediksi harga saham dengan metode MAPE dengan rumus

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|S(t) - X(t)|}{X(t)}$$

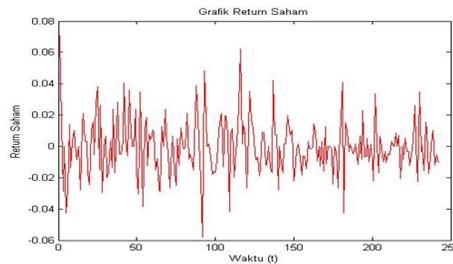
**STUDI KASUS**

Data yang digunakan yaitu data penutupan harga saham PT. Astra Agro Lestari Tbk pada tanggal 6 Juni 2016 sampai dengan 31 Mei 2017 yang diperoleh dari [www.yahoofinance.com](http://www.yahoofinance.com). Gambar 1 merupakan gambaran data yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 1.** Harga Saham PT.Astra Agro Lestari Tbk

Selanjutnya, langkah kedua dalam melakukan simulasi ialah menghitung nilai *return* dengan menggunakan Persamaan (13), sehingga diperoleh gambaran nilai *return* saham sebagai berikut :



**Gambar 2.** Return dari Harga Saham

Langkah ketiga, melakukan uji Normalitas data *return* saham yang sudah diperoleh, dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov hipotesis yang digunakan ialah :

$H_0$  = data *return* mengikuti distribusi normal

$H_1$  = data *return* tidak mengikuti distribusi normal

Dengan menggunakan *software* SPSSdiperoleh hasil sebagai berikut :

**Tabel 1.** Hasil Uji Kolmogorov Smirnov

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Return
N		242
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	-.0001
	Std. Deviation	.01769
Most Extreme Differences	Absolute	.071
	Positive	.071
	Negative	-.047
Kolmogorov-Smirnov Z		1.101
Asymp. Sig. (2-tailed)		.177

a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.

Menurut Tabel 1 nilai *p-value* pada uji distribusi Normal ialah 0,177, yang artinya  $p\text{-value} > 0,05$  maka sudah cukup bukti untuk menerima  $H_0$ , dimana *return* berdistribusi Normal.

Langkah keempat ialah menghitung nilai ekspektasi *return* ( $\mu$ ), variansi ( $\sigma^2$ ) dan volatilitas ( $\sigma$ ) berdasarkan data *return* saham yang diperoleh. Dan diperoleh nilai  $\mu$  sebesar -0,0001, nilai  $\sigma^2$  sebesar 0,0003 dan dengan menggunakan Persamaan (14) diperoleh nilai  $\sigma$  sebesar 0,2752.

Berdasarkan Persamaan (12), maka model harga saham PT.Astra Agro Lestari Tbk adalah sebagai berikut :

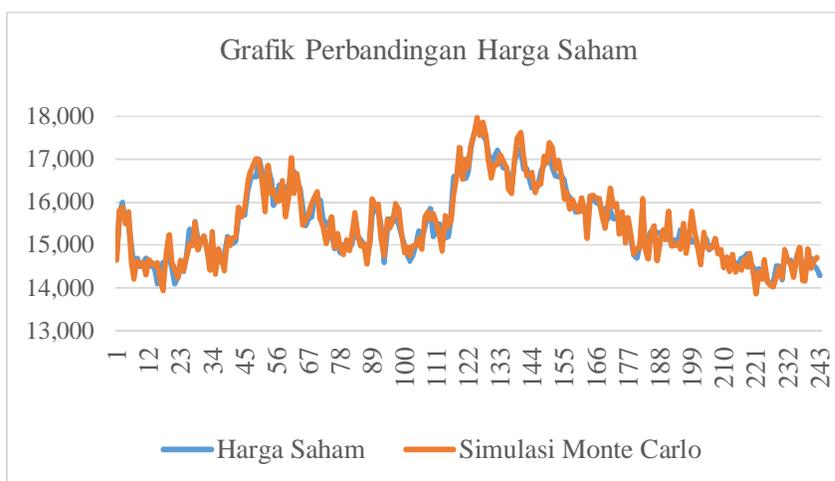
$$\hat{S}(t) = S(t-1)e^{((-0,0001) - \frac{0,0003}{2})(t-(t-1)) + 0,2752(W(t) - W(t-1))}$$

Setelah memperoleh nilai ekspektasi *return* dan volatilitas , langkah selanjutnya dilakukan 20 kali simulasi pergerakan harga saham menggunakan metode simulasi *Monte Carlo*, dengan bantuan *Software Microsoft Excel* digunakan fungsi Excel yaitu *NORM.INV (Percent)= Z Score*. Fungsi ini menghasilkan area persentase di bawah kurva yang disebut dengan *Z score*. Dan fungsi kedua yang digunakan yaitu *RAND*, fungsi ini menghasilkan bilangan acak antara 0 dan 1, dan ketika fungsi ini dikombinasikan dengan fungsi *NORM.INV(RAND())*, maka *RAND* menghasilkan persentase acak antara 0 dan 1, sedangkan fungsi *NORM.INV* mengkonversi persentase acak untuk standar deviasi acak menjauh dari mean [9]. Berikut adalah hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perhitungan Pergerakan Harga Saham Menggunakan Simulasi *Monte Carlo*

Harga Saham	Return	Volatilitas	Harga Saham Prediksi	APE
14698				
15775	0,0707	0,275206	14873	0.0690
16000	0,0142	0,275206	15625	0.0104
15550	-0,0285	0,275206	16431	0.0030
15550	0,0000	0,275206	15917	0.0078
14900	-0,0427	0,275206	15276	0.0495
14500	-0,0272	0,275206	15284	0.0458
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14700	0,0103	0,275206	14858	0.0107
14525	-0,0120	0,275206	14978	0.0312
14450	-0,0052	0,275206	14515	0.0045
14300	-0,0104	0,275206	14381	0.0057
			<b>MAPE</b>	<b>1,89%</b>

Gambar 3 menunjukkan hasil perbandingan pergerakan harga saham hasil simulasi *Monte Carlo* dengan data harian harga saham PT. Astra Agro Lestari Tbk.



**Gambar 3.** Grafik harga saham harian dan harga saham hasil simulasi *Monte Carlo* dengan  $\mu = -0,0001$  dan  $\sigma = 0,2752$

pada Gambar 3 terlihat bahwa pola pergerakan harga saham hasil simulasi dengan menggunakan metode *Monte Carlo* mengikuti pola pergerakan harga saham yang sebenarnya.

## PENUTUP

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, diambil kesimpulan bahwa Metode simulasi *Monte Carlo* memiliki hasil yang sangat baik untuk memprediksi harga saham dari suatu perusahaan. Berdasarkan data harga saham PT.Astra Agro Lestari Tbk mulai dari tanggal 6 Juni 2016 sampai dengan 31 Mei 2017 diperoleh hasil simulasi harga saham dengan menggunakan metode simulasi *Monte Carlo* menunjukkan pola yang sangat baik dengan mengikuti pola data sebenarnya dengan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) sebesar 1,89%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pradhitya, K. S. A., 2012. Perhitungan Harga Opsi Eropa Menggunakan Metode Gerak Brown Geometri. *Sains dan Matematika*, pp. 52-56.
- [2] 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*, VI(2), pp. 261-270.
- [3] Busrah, Z. & Asrun, B., 2016. Simulasi Monte Carlo Pada Penentuan Harga Saham ADHI.JK Melalui Pendekatan Proses Wiener dan Lemma Ito. *Prosiding Seminar Nasional*, II(1), pp. 807-815.
- [4] Closing Price [Internet]. 2017. [Update 2017 May 31; cited 2017 Oct 03]. Available from: <http://www.yahoofinance.com>.
- [5] Hull, J., 2012. *Options, Futures and Other Derivatives Eighth Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- [6] Maruddani, D. A. I. & Purbowati, A., 2009. Pengukuran Value At Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Media Statistika*, II(2), pp. 93-104.
- [7] Nasution, K. N., 2016. Prediksi Penjualan Barang pada Koperasi PT. Perkebunan Silindak dengan Menggunakan Metode Monte Carlo. *Riset Komputer*, III(6), pp. 65-69.
- [8] Ross, S. M., 1999. *An Introduction to Mathematical Finance Option and Other Topics*. California: Cambridge University Press.
- [9] Nwafor, C. N. & Oyedele, A. A., 2017. Simulation and Hedging Oil Price with Geometric Brownian Motion and Single- Step Binomial Price Model. *European Journal of Business and Management*, IX(9).

LUSIANA	: FMIPA Universitas Tanjungpura. Pontianak lusiana.mtk@gmail.com
SHANTIKA MARTHA	: FMIPA Universitas Tanjungpura. Pontianak shantika.martha@gmail.com
SETYO WIRA RIZKI	: FMIPA Universitas Tanjungpura. Pontianak setyo.wirarizki@math.untan.ac.id