ISSN: 2339-2541
JURNAL GAUSSIAN, Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 261-270
Online di: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian

PEMODELAN HARGA SAHAM DENGAN *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* DAN *VALUE AT RISK* PT CIPUTRA DEVELOPMENT Tbk

Trimono[1], Di Asih I Maruddani[2], Dwi Ispriyanti[3]
[1]Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro
[2,3]Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro
trimonopujiarto@gmail.com, maruddani@undip.ac.id, dwiispriyanti@yahoo.com

ABSTRACT

Financial sector investment is an activity that attracts a lot of public interest. One of them is investing funds in purchasing company's shares. Profit received from stock investment activity can be seen from the value of stock returns. While, if the previous stock returns Normal distribution, the future stock price can be predicted by Geometric Brownian Motion Method. Based on the stock price prediction, can also be measured an estimated value of the investment risk. The result of data processing shows that the stock price prediction of PT. Ciputra Development Tbk period December 1, 2016 untuk January 31, 2017, has very good accuracy, based on the value of MAPE 1.98191%. Further, Value at Risk Method of Monte Carlo Simulation with α = 5% significance level was used to measure the share investment risk of PT.Ciputra Development Tbk. Thus, this method is only useful if it can be used to predict accurately. Therefore, backtesting is needed. Based on the processing obtained data, backtesting generates the value of violation ratio at 0, it means that at significance level α = 5%, Value at Risk Method of Monte Carlo Simulation can be used at all levels of probability violation..

Keywords : Geometric Brownian Motion, Risk, Value at Risk, Backtesting

1. PENDAHULUAN

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

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 yang sulit diprediksi, sehingga berakibat pada tidak pastinya nilai *return* saham, untuk itu diperlukan suatu model matematis untuk memprediksi harga saham di masa yang akan datang berdasarkan data harga saham yang masa lalu. Investasi saham selain dapat memberikan keuntungan, juga mengandung unsur risiko. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur risiko adalah *Value at Risk*, *Value at Risk* dapat didefinisikan sebagai estimasi kerugian maksimum yang akan didapat selama periode waktu tertentu

Penelitian ini membahas penerapan metode *Geometric Brownian Motion* (GBM) untuk memprediksi harga saham berdasarkan nilai *return* saham periode sebelumnya serta melakukan pengukuran *Value at Risk* harga saham prediksi menggunakan metode simulasi Monte Carlo. Kemudian untuk menguji akurasi nilai VaR yang dihasilkan, dilakukan uji *backtesting* dengan menghitung nilai rasio pelanggaran. Pada penelitian ini, saham yang dianalisis adalah saham PT. Ciputra Development Tbk periode 4 Januari 2016 sampai dengan 31 Januari 2017.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Saham dan Harga Saham

Saham merupakan surat berharga sebagai bukti penyertaan atau kepemilikan inidividu maupun institusi dalam suatu perusahaan (Hadi, 2013). Berdasarkan Anoraga dan Pakarti (2001), harga saham didefinisikan sebagai harga pada pasar riil.

2.2. *Return* Saham

Berdasarkan Ruppert (2011), *return* adalah tingkat pengembalian atas hasil yang diperoleh akibat melakukan investasi. Analisis sekuritas umumnya menggunakan *geometric return*. Metode *geometric return* diformulasikan sebagai berikut:

$$R_t = \ln\left(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})}\right) \tag{1}$$

dengan R_t menyatakan *return* saham, $S(t_i)$ menyatakan harga saham pada periode t_i, dan $S(t_{i-1})$ menyatakan harga saham pada periode t_{i-1}.

2.3. Distribusi Normal

Menurut Bain dan Engelhardt (1992), sebuah variabel random X disebut mengikuti Distribusi Normal dengan mean μ dan variansi σ^2 jika memiliki fungsi kepadatan peluang:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \tag{2}$$

untuk $-\infty < x < \infty$, $-\infty < \mu < \infty$ dan $0 < \sigma < \infty$, dapat dilambangkan dengan $X \sim N(\mu, \sigma^2)$.

2.4. Distribusi Lognormal

Berdasarkan Ginos (2009), fungsi kepadatan peluang untuk distribusi lognormal ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\sigma^2)}\ y} \exp\left[-\frac{(\ln(y)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \tag{3}$$

Untuk $y > 0$, $-\infty < \mu < \infty$ dan $0 < \sigma < \infty$, dapat dilambangkan dengan $X \sim LN(\mu, \sigma^2)$.

2.5. Uji Normalitas Kolmogorov – Smirnov

Menurut Daniel (1989), Prosedur uji Kolmogorov-Smirnov untuk menguji normalitas suatu data adalah sebagai berikut :

1. Hipotesis
   $H_0 : F(x) = F_0(x)$
   $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$
2. Taraf signifikansi : α
3. Statistik Uji :
   $$D = \sup_x \left|F_0(x) - F(x)\right|$$
   dengan : $F_0(x)$ = Probabilitas kumulatif distribusi Normal.
   $F(x)$ = Probabilitas kumulatif distribusi empiris
4. Kriteria penolakan :
   H_0 ditolak apabila nilai D lebih besar dari kuantil 1- α tabel uji Kolmogorov Smirnov, atau nilai *p-value* < α.

2.6. Volatilitas

Menurut Maruddani dan Purbowati (2009), volatilitas merupakan besarnya harga fluktuasi dari sebuah asset. Jika terdapat *n* (jumlah observasi) *return*, maka nilai ekspektasi *return* dapat diestimasi dengan rata-rata sampel (sampel mean) *return* :

$$\bar{R} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} R_t \tag{4}$$

Return rata-rata kemudian digunakan untuk mengestimasi variansi tiap periode yaitu:

$$s^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n}\left(R_t - \bar{R}\right)^2 \tag{5}$$

Akar variansi (standar deviasi) merupakan estimasi nilai volatilitas harga saham.

2.7. Proses Stokastik

Menurut Taylor dan Karlin (1998), proses stokastik adalah himpunan variabel random $\{X(t), t \in T\}$ dengan t menyatakan waktu dan $X(t)$ menyatakan proses pada waktu t. Himpuan T disebut himpunan indeks dari suatu proses stokastik. Jika himpunan T adalah suatu interval waktu $t \in [0,\infty)$, maka proses stokastik dikatakan sebagai proses stokastik waktu kontinu dan dinyatakan dalam bentuk $\{X(t), t \geq 0\}$.

2.8. Gerak Brown

1. Gerak Brown

   Menurut Dmouj (2006), suatu proses stokastik $\{W(t), t \in T\}$ disebut sebagai Gerak Brown jika memenuhi beberapa kriteria berikut :

   i. $W(0) = 0$ (dengan probabilitas 1)

   ii. Untuk $0 \leq s \leq t \leq T$, variabel acak yang diberikan oleh perubahan $W(t)–W(s)$ berdistribusi Normal dengan mean 0 dan variansi $\sigma^2(t - s)$

   iii. Untuk $0 \leq s < t < u < v \leq T$, perubahan $W(t)–W(s)$ dan $W(v)–W(u)$ saling bebas.

2. Gerak Brown Standar

   Menurut Higham (2001), suatu proses stokastik $\{W(t), t \in T\}$ dikatakan sebagai Gerak Brown standar jika proses tersebut memenuhi beberapa kriteria berikut:

   i. $W(0) = 0$ (dengan probabilitas 1)

   ii. Untuk $0 \leq s \leq t \leq T$, variabel acak yang diberikan oleh perubahan $W(t)–W(s)$ berdistribusi Normal dengan mean 0 dan variansi $t – s$, atau secara ekuivalen $W(t)–W(s) \sim \sqrt{t-s}\, N(0,1)$, dengan $N(0,1)$ menotasikan distribusi Normal dengan mean 0 dan variansi 1.

   iii. Untuk $0 \leq s < t < u < v \leq T$, perubahan $W(t)–W(s)$ dan $W(v)–W(u)$ saling bebas.

3. Gerak Brown dengan Suku *Drift*

   Berdasarkan Dmouj (2006), Gerak Brown dengan suku *drift* mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$\mathrm{B}(t) = \mu(t) + \sigma\, W(t) \tag{6}$$

   dengan $\mu(t)$ adalah nilai rata – rata dan σ adalah nilai standar deviasi proses t. $W(t) = \mathrm{Z}\sqrt{t}$ Z adalah bilangan random berdistribusi Normal Standar.

4. Gerak Brown Geometri

   Menurut Dmouj (2006) Jika diberikan model Gerak Brown dengan suku *drift* $\mathrm{B}(t) = \mu^*(t) + \sigma\, W(t)$; $t \geq 0$ dengan parameter *drift* $\mu^*(t) = \mu - ½\, \sigma^2$, parameter variansi σ^2, dan $W(t)$ adalah gerak Brown yang dimulai pada $W(0) = 0$. Pada pemodelah harga saham, proses stokastik $\{P(t);\ t \geq 0\}$ disebut gerak Brown Geometri jika $B(t) = \ln\frac{P(t)}{P(t-1)}$, dengan $B(t)$ adalah *return* saham pada waktu ke – t.

2.9. Persamaan Diferensial Stokastik

Menurut Higham (2001), Persamaan Diferensial Stokastik memiliki bentuk sebagai berikut :

$$dX(t) = f\,(X(t))\,dt + g\,(X(t))\,dW(t) \tag{7}$$

untuk t $\in$ [0,T], nilai awal $X(0) = X_0$. Suku $f\,(X(t))\,dt$ merupakan suku *drift*, dengan $f\,(X(t))$ adalah koefisien *drift*. Sedangkan $g\,(X(t))\,dW(t)$ adalah suku difusi, dengan $g\,(X(t))$ adalah koefisien difusi. $W(t)$ merupakan gerak Brown Standar.

2.10. Teorema *Itô*

Berdasarkan Hull (2009), jika terdapat variabel $X(t)$ yang mengikuti proses *Itô* dengan persamaan :

$$dX(t) = \mu\,(X,t)\,dt + \sigma\,(X,t)\,dW(t) \tag{8}$$

dengan $W(t)$ merupakan Gerak Brown serta nilai μ dan σ adalah parameter dari X dan t, teorema *Itô* menyebutkan bahwa, jika terdapat fungsi $G = G(X,t)$, maka fungsi G akan mengikuti persamaan berikut :

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial X(t)}\mu + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 G}{\partial X(t)^2}\sigma^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial X(t)}\sigma\ dW(t) \tag{9}$$

2.11. Model Harga Saham *Geometric Brownian Motion* (GBM)

Berdasarkan Brigo *et al* (2008), model harga saham *Geometric Brownian Motion* mengasumsikan bahwa *return* saham masa lalu berdistribusi normal. Model *Geometric Brownian Motion* ditentukan sebagai berikut :

$$dS(p) = \mu\,S(p)\,dp + \sigma\,S(p)\,dW(p) \tag{10}$$

Dengan $S(p)$ merupakan harga saham pada waktu ke – p. W adalah gerak Brown Standar. Kemudian penyelesaian persamaan diferensial stokastik untuk memperoleh model harga saham *Geometric Brownian Motion* dapat diperolah melalui teorema *Itô* . Apabila terdapat persamaan :

$$dS(p) = \mu\,S(p)\,dp + \sigma\,S(p)\,dW(p)$$

maka berdasarkan teorema *Itô* , fungsi $G = G(S,p)$ adalah sebagai berikut :

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial S(p)}\mu S(P) + \frac{\partial G}{\partial p} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 G}{\partial S(p)^2}\sigma^2 S(p)^2 \right) dp + \frac{\partial G}{\partial S(p)}\sigma\ S(p)\ dW(p)$$

Misal fungsi $G = \ln S(p)$, dengan ketentuan $\frac{\partial G}{\partial S(p)} = \frac{1}{S(p)}$, $\frac{\partial^2 G}{\partial S(p)^2} = -\frac{1}{S(p)^2}$, dan $\frac{\partial G}{\partial p} = 0$, dari persamaan (10) diperoleh :

$$dG = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dp + \sigma\ dW(p) \tag{11}$$

Menurut Abidin dan Jaffar (2014), jika perubahan harga saham periode sekarang dengan harga saham pada periode sebelumnya berselisih satu hari, dimana $p_0 < p_1 < p_2 ... < p_n$, model harga saham *Geometric Brownian Motion* ditulis :

$$\int_{p_{i-1}}^{p_i} d\ G = \int_{p_{i-1}}^{p_i} \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dp + \int_{p_{i-1}}^{p_i} \sigma\ dW(p)$$

$$\Leftrightarrow \ln(S(p_i)) - \ln(S(p_{i-1})) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(p_i - p_{i-1}) + \sigma\,(W(p_i) - W(p_{i-1}))$$

$$\Leftrightarrow \ln\frac{S(p_i)}{S(p_{i-1})} = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(p_i - p_{i-1}) + \sigma\,(W(p_i) - W(p_{i-1}))$$

$$\Leftrightarrow \frac{S(p_i)}{S(p_{i-1})} = \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(p_i - p_{i-1}) + \sigma\,(W(p_i) - W(p_{i-1}))\right)$$

$$\hat{S}(p_i) = \hat{S}(p_{i-1})\exp\left(\left(\hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}^2}{2}\right)(p_i - p_{i-1}) + \hat{\sigma}\sqrt{p_i - p_{i-1}}\,Z_{i-1}\right) \quad (12)$$

2.12. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Menurut Abidin dan Jafar (2014), perhitungan nilai MAPE adalah sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{p=1}^{n}\left|\frac{Y_p - F_p}{Y_p}\right|}{n}\ x\ 100\% \quad (13)$$

dengan Y_p merupakan nilai aktual pada waktu ke p. F_p merupaka nilai peramalan pada waktu ke p. n merupakan banyaknya observasi.

Tabel 1. Skala Penilaian Akurasi MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Peramalan
< 10%	Akurasi peramalan sangat baik
11% - 20%	Akurasi peramalan baik
21% - 50%	Akurasi peramalan masih dalam batas wajar
>51%	Akurasi peramalan tidak akurat

Sumber : Lawrence, K. D., Klimberg R. K., & Lawrence S. M

2.13. *Value at Risk* Metode Simulasi Monte Carlo

Value at Risk adalah suatu metode pengukuran risiko secara statistik untuk memperkirakan kerugian maksimum yang mungkin terjadi atas suatu portofolio pada tingkat kepercayaan (*level of confidence*) tertentu. Berdasarkan Maruddani dan Purbowati (2009), *Value at Risk* dengan metode simulasi Monte Carlo pada aset tunggal mengasumsikan bahwa *return* aset berdistribusi Normal. Secara umum, algoritma sederhana perhitungan *Value at Risk* menggunakan metode simulasi Monte Carlo pada aset tunggal adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai parameter dari *return* aset tunggal. *Return* diasumsikan mengikuti distribusi Normal dengan mean μ dan variansi σ^2.
2. Mensimulasikan nilai *return* dengan membangkitkan secara random *return* aset tunggal dengan parameter yang diperoleh dari langkah (1) sebanyak n buah sehingga terbentuk distribusi empiris dari *return* hasil simulasi.
3. Mencari estimasi kerugian maksimum pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$ yaitu sebagai nilai kuantil ke-α dari distribusi empiris *return* yang diperoleh pada langkah (2), dinotasikan dengan R^*.
4. Menghitung nilai *VaR* pada tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ dalam periode waktu r hari yaitu :

$$VaR_{(1-\alpha)}(r) = W_0\ R^*\ \sqrt{r} \quad (14)$$

dengan

W_0 = dana investasi awal aset atau portofolio.

R^* = nilai kuantil ke-α dari distribusi *return*.

$\sqrt{r}$ = periode waktu.

Nilai *VaR* yang diperoleh merupakan kerugian maksimum yang akan diderita oleh aset tunggal.

5. Mengulangi langkah (2) sampai langkah (4) sebanyak *m* sehingga mencerminkan berbagai kemungkinan nilai *VaR* aset tunggal yaitu VaR_1, VaR_2,..., VaR_m.
6. Menghitung rata-rata hasil dari langkah (5) untuk menstabilkan nilai karena nilai *VaR* yang dihasilkan oleh tiap simulasi berbeda.

2.14. *Backtesting*

Menurut Danielsson (2011) *backtesting* merupakan prosedur pengujian akurasi nilai *Value at Risk* yang telah dihitung. Untuk melakukan *backtesting*, sampel dengan ukuran *K* akan dibagi menjadi dua kelompok yaitu jendela estimasi (K_E) dan jendela uji (K_U). Jendela estimasi (K_E) merupakan kelompok observasi yang digunakan untuk menghitung *Value at Risk*. Sementara itu jendela uji (K_U) merupakan sampel dari periode (K_{E+1}) hingga periode *K*.

Rasio Pelanggaran (*Violation Ratio*)

Pada periode (K_{E+1}) hingga periode *K* (panjang jendela uji), pelanggaran disimbolkan dengan η_k.

$$\eta_k = \begin{cases} 1 & jika\ R_t \leq -VaR_k \\ 0 & jika\ R_t > -VaR_k \end{cases} \tag{15}$$

$$VR = \frac{v_1}{m_0 \times K_U} \tag{16}$$

Dengan *VR* adalah besarnya rasio pelanggaran, v_1 adalah jumlah η_k yang bernilai 1 (jumlah hari terjadi pelanggaran),m_0 merupakan probabilitas pelanggaran yang diduga.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan yaitu data penutuan harga saham PT. Ciputra Development Tbk (kecuali hari libur) pada periode 4 Januari 2016 sampai dengan 31 Januari 2017. Data diambil dari website http://finance.yahoo.com/quote/CTRA.JK.

3.2. Tahapan Analisis Data

Langkah – langkah analisis untuk melakukan prediksi harga saham dan penghitungan *Value at Risk* adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data harga penutupan saham yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Menentukan data *in sample* dan *out sample*.
3. Menghitung nilai *return* saham data *in sample*.
4. Melakukan uji normalitas data *in sample return* saham dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
5. Menghitung nilai ekspektasi harga saham ($\hat{\mu}$), variansi ($\hat{\sigma}^2$), dan volatilitas ($\hat{\sigma}$) data *in sample return* saham.
6. Melakukan pemodelan dan prediksi harga saham dengan metode *Gemetric Brownian Motion*.
7. Menghitung *error* prediksi harga saham dengan metode MAPE.

8. Melakukan uji normalitas data *return* saham prediksi dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
9. Menghitung nilai *Value at Risk* harga saham prediksi.
10. Melakukan Uji *backtesting* nilai *Value at Risk*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan Data *In Sample* dan Data *Out Sample*

Data *in sample* ditentukan sebanyak 219 data yang dimulai dari 4/1/2016 sampai dengan 30/11/2016. Data *out sample* ditentukan sebanyak 42 data yang dimulai dari 1/31/2016 sampai dengan 31/01/2017. Data *in sample* digunakan untuk membangun model harga saham, sedangkan data *out sample* digunakan untuk validasi model.

4.2. Uji Normalitas Data In Sample *Return* Saham

Hipotesis :

H_0 : Data *in sample return* saham berdistribusi Normal.

H_1 : Data *in sample return* saham tidak berdistribusi Normal.

Taraf Signifikansi : α = 5%

Statistik uji :

$$D = \sup_x \left| S(x) - F_0(x) \right| = 0{,}047 \text{ atau } p\text{-}value = 0{,}727$$

Kesimpulan :

H_0 diterima karena nilai *p-value* (0,727) > α (0,05). Maka data *in sample return* saham berdistribusi Normal.

4.3. Estimasi Parameter dan Penentuan Model Harga Saham *Geometric Brownian Motion* PT. Ciputra Development Tbk

Parameter dalam model harga saham *Geometric Brownian Motion* meliputi nilai ekspektasi *return* saham ($\hat{\mu}$), variansi *return* saham ($\hat{\sigma}^2$), dan nilai volatilitas saham ($\hat{\sigma}$). Nilai $\hat{\mu}$ sebesar –0,00025, nilai $\hat{\sigma}^2$ sebesar 0,00072, dan nilai $\hat{\sigma}$ sebesar 0,02677.

Berdasarkan Persamaan (12), maka model harga saham *Geometric Brownian Motion* PT. Ciputra Development Tbk adalah sebagai berikut :

$$\hat{S}(p_i) = \hat{S}(p_{i-1}) \exp\left(\left((-0{,}00025) - \frac{0{,}00072}{2}\right)(p_i - p_{i-1}) + 0{,}02677\sqrt{p_i - p_{i-1}}\,Z_{i-1}\right)$$

4.4. Prediksi Harga Saham PT. Ciputra Development Tbk

Prediksi harga saham dilakukan untuk mengetahui perkiraan harga saham untuk 42 periode kedepan, yaitu mulai tanggal 1/12/2016 sampai 31/1/2017. Melalui bantuan perangkat lunak *R* 3.3.2, diperoleh nilai prediksi harga saham sebagai berikut :

Tabel 2. Harga Saham Aktual dan Prediksi PT. Ciputra Development Tbk

k	**Tanggal**	**Harga Aktual**	**Harga Prediksi**	***k***	**Tanggal**	**Harga Aktual**	**Harga Prediksi**
1	01-Des-16	1380	1292	6	08-Des-16	1410	1323
2	02-Des-16	1365	1329	7	09-Des-16	1415	1318
3	05-Des-16	1360	1333	8	13-Des-16	1375	1325
4	06-Des-16	1370	1333	9	14-Des-16	1355	1330
5	07-Des-16	1360	1330	10	15-Des-16	1350	1331

k	Tanggal	Harga Aktual	Harga Prediksi	*k*	Tanggal	Harga Aktual	Harga Prediksi
11	16-Des-16	1365	1362	27	10-Jan-17	1300	1307
12	19-Des-16	1350	1370	28	11-Jan-17	1275	1277
13	20-Des-16	1330	1329	29	12-Jan-17	1270	1267
14	21-Des-16	1300	1390	30	13-Jan-17	1270	1284
15	22-Des-16	1295	1326	31	16-Jan-17	1250	1270
16	23-Des-16	1250	1316	32	17-Jan-17	1265	1275
17	27-Des-16	1275	1276	33	18-Jan-17	1285	1281
18	28-Des-16	1330	1336	34	19-Jan-17	1325	1290
19	29-Des-16	1330	1323	35	20-Jan-17	1315	1300
20	30-Des-16	1335	1327	36	23-Jan-17	1280	1298
21	02-Jan-17	1335	1350	37	24-Jan-17	1305	1286
22	03-Jan-17	1300	1333	38	25-Jan-17	1340	1302
23	04-Jan-17	1335	1298	39	26-Jan-17	1325	1278
24	05-Jan-17	1310	1289	40	27-Jan-17	1315	1298
25	06-Jan-17	1305	1335	41	30-Jan-17	1325	1325
26	09-Jan-17	1300	1300	42	31-Jan-17	1320	1320

4.5. Penentuan Nilai MAPE

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi nilai peramalan. Melalui bantuan perangkat lunak *R* 3.3.2, diperoleh MAPE sebesar 1,98191% (akurasi peramalan masuk kategori sangat baik).

4.6. Uji Normalitas *Return* Saham Prediksi

Hipotesis :

H_0 : *Return* harga saham prediksi berdistribusi Normal.

H_1 : *Return* harga saham prediksi tidak berdistribusi Normal.

Taraf Signifikansi : α = 5%

Statistik uji :

$D = \sup_x \left| S(x) - F_0(x) \right|$ = 0,047 atau *p-value* = 0,727

Kesimpulan :

H_0 diterima karena nilai *p-value* (0,727) > α (0,05). Maka data *in sample return* saham berdistribusi Normal.

4.7. *Value at Risk* Harga Saham Prediksi dengan Metode Simulasi Monte Carlo

Karena setelah penghitungan *Value at Risk* akan dilakukan uji *backtesting*, maka sebelum menentukan nilai parameter *return* saham terlebih dahulu ditentukan panjang jendela estimasi (K_E) dan jendela uji (K_U). Pada penelitian ini, panjang jendela estimasi sebesar 37 data dan jendela estimasi sebanyak 5 data.

Tabel 3. Jendela Estimasi dan Jendela Uji

Jendela Estimasi		**Jendela Uji**
k	***k* + K_E - 1**	***VaR* (*k* + K_E)**
1 (01/12/2016)	37 (24/12/2016)	*VaR*(38) (25/01/2017)
2 (02/12/2016)	38 (25/01/2017)	*VaR*(39) (26/01/2017)
3 (05/12/2016)	39 (26/01/2017)	*VaR*(40) (27/01/2017)
4 (06/12/2016)	40 (27/01/2017)	*VaR*(41) (30/01/2017)
5 (07/01/2017)	41 (30/01/2017)	*VaR*(42) (31/01/2017)

Pada tingkat kepercayaan 95% dengan 5000 kali ulangan, menghasilkan rata-rata nilai *VaR* sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai *Value at Risk* Harga Saham Prediksi Jendela Uji

Jendela Uji ke -	k	Tanggal	VaR
1	38	25/01/2017	-0,03350
2	39	26/01/2017	-0,03063
3	40	27/01/2017	-0,03097
4	41	30/01/2017	-0,03076
5	42	31/01/2017	-0,03085

Jika diambil contoh tanggal 25/01/2017,dapat dikatakan bahwa ada keyakinan sebesar 95% bahwa dalam jangka waktu 1 hari setelah tanggal 25 Januari 2017 kerugian yang diterima tidak melebihi 3,350%.

4.8. *Backtesting*

Tujuan utama *backtesting* adalah untuk mengetahui besarnya nilai rasio pelanggaran. Penghitungan rasio pelanggaran *VaR* simulasi Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 95% disimulasikan pada beberapa nilai dugaan probabilitas pelanggaran (m_0), yaitu 0.1 %, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Dengan bantuan perangkat lunak *R 3.3.2* diperoleh nilai rasio pelanggaran sebagai berikut :

Tabel 5. Rasio Pelanggaran *Value at Risk* Simulasi Monte Carlo

***Value at Risk* Simulasi Monte Carlo**	
($\boldsymbol{m_0}$)	**Rasio Pelanggaran**
0,1%	0
0,5%	0
1%	0
2%	0
3%	0
4%	0
5%	0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan dalam jurnal ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode *Geometric Brownian Motion* untuk memprediksi harga saham PT Ciputera Development Tbk diperoleh model sebagai berikut :

$$\hat{S}(p_i) = \hat{S}(p_{i-1}) \exp\left(\left((-0{,}00025) - \frac{0{,}00072}{2}\right)(p_i - p_{i-1}) + 0{,}02677\sqrt{p_i - p_{i-1}}Z_{i-1}\right)$$

dengan nilai kesalahan prediksi hanya sebesar 1,98191% yang dapat diartikan bahwa akurasi prediksi sangat baik.

2. Berdasarkan hasil penghitungan *VaR* simulasi Monte Carlo dengan tingkat kepercayaan 95%, diperoleh nilai *VaR* untuk periode 25 Januari 2017 sebesar -0,03350, nilai *VaR* untuk periode 26 Januari 2017 sebesar -0,03063, nilai *VaR* untuk periode 27 Januari 2017 sebesar -0,03097, nilai *VaR* untuk periode 30 Januari 2017 sebesar -0,03076, nilai *VaR* untuk periode 31 Januari 2017 sebesar -0,03085.
3. Berdasarkan uji *backtesting* untuk mengevaluasi nilai *Value at Risk*, tidak ditemukan adanya pelanggaran sehingga pada penelitian ini metode simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk semua nilai probabilitas pelanggaran.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, S.N.Z. dan Jaffar, M.M. 2014. Forecasting Share Prices of Small Size Companies in Bursa Malaysia Using Geometric Brownian Motion. *Applied Mathematics and Information Sciences*. Vol 8 (1), 107-112.

Anoraga, P. dan Pakarti, P. 2001. *Pengantar Pasar Modal*. Jakarta: Rineka Cipta.

Bain, L.J dan M. Engelhardt. 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics 2nd Edition*. California. Duxbury Press.

Brigo *et al*. 2008. A Stochastic Processes Toolkit for Risk Management. *Journal of Risk Management in Financial Institutions*. Vol 1 (4), 5-13.

Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Alih bahasa oleh Alex Tri Kantjono Widodo. Jakarta : Gramedia.

Danielsson, J. 2011. *Financial Risk Forecasting*. United Kingdom : John Wiley & Sons

Dmouj, A. 2006. *Stock Price Modelling : Theory and Practice*. Amsterdam : BMI Paper.

Ginos, B.F. 2009. *Parameter Estimation for the Lognormal Distribution*. Provo : BYU Scholars Archive Citation.

Hadi, N. 2013. *Pasar Modal; Acuan Teoritis dan Praktis Investasi di Instrumen Keuangan Pasar Modal* .Edisi pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Higham, D.J. 2001. An Algorith-mic Introduction to Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations. *SIAM Review*, Vol.43. (3). 525-546.

Hull, J.C. 2009. *Options, Futures, and Other Derivative Securities. Seventh Edition.* New Jersey: Prentice Hall.

Lawrence, K. D., Klimberg R. K., dan Lawrence S. M. 2009. *Fundamentals of forecasting using excel*. Washington : Industrial Press Inc.

Maruddani, D.A.I. dan Purbowati, A. 2009. Pengukuran Value At Risk pada Aset Tunggal dan Portofolio dengan Simulasi Monte Carlo. *Media Statistika*. Vol 2 (2), 93-104

Ruppert, D. 2011. *Statistics Data Analysis for Financial Enginering*. New York : Springer.

Taylor, H.M. dan Karlin, S. 1998. *An Introducing to Stochastic Modeling. Third Edition*. United States of America : Academic Press.