

Penentuan Harga Opsi Jual Amerika dengan Menggunakan Metode Gerak Brown Geometri

Yuli Andari Wulan^{#1}, Dony Permana^{*2}

[#]*Mahasiswa Jurusan Matematika Universitas Negeri Padang, Indonesia*

^{*}*Dosen Jurusan Matematika Universitas Negeri Padang, Indonesia*

¹rhiriandari@gmail.com

²donypermana@fmipa.unp.ac.id

Abstract– An option is a contract that gives the owner the right to buy or sell a number of instruments that relied upon the contract at a certain price and within the time period specified. There are two types of options that are known, namely call option and put option. Based on execution time, options can be divided into two types, namely the European type options and option types are American. The purpose of this research that is shaping the American Option pricing formula by using the method of geometric Brownian motion. The steps undertaken in this research is studying price movements of stocks, models, and interpret the options pricing models are selling America. Option price is affected by the movement of the stock price, strike price, volatility, the average rate of return (return) stock price, risk-free interest rate, and time to maturity..

Key words :Stocks, American Options , Geometric Brownian Motion, Volatility.

Abstrak - Opsi merupakan suatu kontrak resmi yang memberikan hak kepada pemiliknya untuk membeli atau menjual sejumlah instrumen yang dijadikan dasar kontrak pada harga tertentu dan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Terdapat dua jenis opsi yang dikenal, yaitu opsi beli dan opsi jual. Berdasarkan waktu eksekusi, opsi dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu opsi tipe Eropa dan opsi tipe Amerika. Tujuan penelitian ini yaitu membentuk formula harga Opsi Amerika dengan menggunakan Metode Gerak Brown Geometri. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah mempelajari pergerakan harga saham, membentuk model, dan menginterpretasikan model penetapan harga opsi jual Amerika. Harga opsi dipengaruhi oleh pergerakan harga saham, *strike price*, volatilitas, rata-rata tingkat pengembalian (*return*) harga saham, tingkat suku bunga bebas risiko, dan waktu jatuh tempo.

Kata Kunci: Saham, Opsi Amerika, Gerak Brown Geometri, Volatilitas

PENDAHULUAN

Dalam menjalani aktivitas sehari-hari, setiap orang tidak lepas dari kebutuhan primer, sekunder, maupun tersier. Pada era modern ini, agar dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut diperlukan adanya biaya, sehingga menuntut seseorang untuk mempunyai penghasilan. Agar penghasilan yang ditabung dapat memperoleh keuntungan, maka cara paling tepat yang dapat digunakan yaitu dengan berinvestasi.

Investasi merupakan suatu komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa datang. Investasi sering disebut sebagai penanaman modal. Orang yang melakukan kegiatan investasi disebut

investor. Tempat yang menampung para investor untuk berinvestasi dikenal dengan pasar modal [1].

Salah satu bentuk instrument dari investasi yang dapat diperjual belikan di pasar modal yaitu saham. Saham merupakan surat berharga yang dijadikan sebagai bukti seorang investor memiliki hak kepemilikan atas suatu perusahaan [2]. Resiko yang dapat terjadi di bursa saham antara lain tidak ada pembagian dividen, karena suatu kondisi di mana harga saham jatuh dan juga dikarenakan oleh pemakaian dividen untuk pengembangan perusahaan. Resiko lain yang terjadi adalah kesulitan menyediakan uang tunai dalam jangka waktu tertentu (resiko likuidasi) dan penghapusan pencatatan saham (*delisting*) dari bursa efek. Untuk meminimalkan resiko, investor dapat memperdagangkan salah satu instrumen derivatif

untuk saham yaitu opsi. Opsi saham dapat digunakan sebagai sarana pelindung nilai dari ketidakpastian pergerakan harga saham. Dengan memanfaatkan opsi, maka resiko dapat diminimalisir sehingga dapat mengoptimalkan keuntungan [4].

Metode Gerak Brown Geometri merupakan salah satu dari metode volatilitas stokastik yang ditemukan oleh Louis Bachelier tahun 1900. Nilai volatilitas pada metode Gerak Brown Geometri bergerak secara acak mengikuti proses stokastik [8].

Penelitian ini membahas tentang Penentuan Harga Opsi Amerika Menggunakan Metode Gerak Brown Geometri. Kelebihan metode ini yaitu menggunakan asumsi yang lebih real sehingga model yang diperoleh menjadi lebih akurat

Kajian teori yang digunakan sebagai pendukung dalam pembahasan pada penelitian ini adalah: investasi, saham, kontrak opsi saham, penilaian opsi, *put option* Amerika, gerak brown, persamaan differensial stokastik, model harga saham, *risk neutral pricing*, *return*, volatilitas, dan *maximum likelihood estimation*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang menggunakan metode deskriptif dengan cara menganalisa teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang dibahas dan berlandaskan pada studi kepustakaan.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Mempelajari pergerakan harga saham pada pasar saham.
2. Membentuk formula untuk harga Opsi Amerika menggunakan Metode Gerak Brown Geometri.
 - a. Menentukan variabel dan parameter yang akan digunakan untuk menentukan harga opsi.
 - b. Membentuk model persamaan harga saham dengan metode Gerak Brown Geometri.
 - c. Membentuk model persamaan harga saham bebas risiko
 - d. Membentuk model persamaan penetapan harga opsi Amerika.
 - e. Mendapatkan solusi.
3. Menginterpretasikan model penetapan harga opsi Amerika dengan menggunakan metode Gerak Brown Geometri yang telah diperoleh.
4. Menarik kesimpulan.

PEMBAHASAN

A. Proses Pembentukan Model

Seperti yang dijelaskan oleh Widowati (2007: 4) bahwa langkah pertama yang dilakukan dalam membentuk model matematika adalah menyatakan problem dunia nyata ke dunia matematika. dasar dari metode penetapan harga opsi adalah memodelkan harga opsi dalam bentuk persamaan matematis. Jadi pembentukan model matematika penentuan harga opsi dengan menggunakan metode Gerak Brown Geometri dimulai dengan menyatakan permasalahan pada harga opsi kedalam symbol matematika. Langkah ini meliputi identifikasi variabel dan membentuk hubungan antara variabel-variabel tersebut.

Variabel yang digunakan dalam pembentukan model ini adalah sebagai berikut:

- μ : rata-rata tingkat pertumbuhan saham
- σ : volatilitas

Sedangkan parameter yang digunakan yaitu:

- $S(t)$: harga saham saat t
- t : waktu sekarang (*current time*)
- T : waktu jatuh tempo
- r : tingkat suku bunga bebas risiko
- R : rata-rata tingkat pengembalian (*return*)
- K : *strike price* (harga eksekusi)

Dalam membentuk model matematika penetapan harga opsi dengan menggunakan metode Gerak Brown Geometri terlebih dahulu dirumuskan asumsi-asumsi yang diperlukan. Asumsi-asumsi dalam pembentukan model ini adalah sebagai berikut:

1. Tipe opsi yang digunakan adalah opsi Amerika
2. Tidak ada pembayaran deviden pada saham
3. Tingkat suku bungan bebas resiko konstan selama umur opsi
4. Pergerakan harga saham mengikuti Gerak Brown Geometri

Dasar dari model penetapan harga opsi adalah memodelkan harga opsi dalam bentuk matematika. Untuk itu akan dibentuk suatu model harga opsi.

1. Harga Saham (S_t)

Untuk menentukan harga opsi jual Amerika maka yang ditentukan pertama kali adalah harga saham. Dengan mengasumsikan harga saham S mengikuti model Gerak Brown Geometri memenuhi persamaan

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dB(t) \dots (1)$$

dengan

$$B(t) = \text{gerak Brown baku}$$

Dengan mengaplikasikan Lemma Ito untuk $f = \ln(S(t))$, persamaan (1) dapat dituliskan menjadi:

$$S(t) = S_0 e^{(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)t + \sigma B(t)} \quad \dots(2)$$

dimana $B(T) = \sqrt{T}Z$, $Z \sim N(0,1)$ dan

$$\ln\left(\frac{S(T)}{S_0}\right) = \text{return.}$$

2. Harga saham bebas risiko atau *Risk Neutral Pricing*.

Berikut ini adalah model harga saham yang bebas risiko atau *Risk Neutral Pricing*.

$$S(T) = S_0 e^{(r - \frac{1}{2}\sigma^2)T + \sigma\sqrt{T}z} \quad \dots(3)$$

3. Model *Put Option* Amerika

Secara matematis harga opsi jual dapat dinyatakan sebagai [3]

$$P = e^{-rT} E(K - S(T)) \quad \dots(4)$$

Harga opsi jual tipe Amerika dipengaruhi oleh beberapa komponen seterti harga saham awal di pasar saham (S_0), harga saham pada waktu T ($S(T)$, harga *strike*(K), waktu sampai dengan jatuh tempo (T), volatilitas harga saham (σ), dan tingkat suku bunga bebas resiko (r).

Apabila persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (4) akan diperoleh

$$P = e^{-rT} E\left[K - \left(S_0 e^{(r - \frac{1}{2}\sigma^2)T + \sigma\sqrt{T}z}\right)\right] \quad \dots(5)$$

Dengan menerapkan definisi nilai harapan $E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x)dx$ ke persamaan (5) diperoleh

$$P = e^{-rT} \int_{-\infty}^{\infty} \left(K - \left(S_0 e^{(r - \frac{1}{2}\sigma^2)T + \sigma\sqrt{T}z}\right)\right) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad \dots(6)$$

Kondisi yang harus dipenuhi adalah :

$$K - S(T) \geq 0$$

Sehingga diperoleh

$$z < \frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \left[\ln \frac{K}{S_0} - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T \right]$$

Selanjutnya, jika didefinisikan suatu variabel T_1 sebagai berikut:

$$T_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \left[\ln \frac{K}{S_0} - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T \right] \quad \dots(7)$$

Sehingga syarat batas pada persamaan (6) berubah menjadi

$$P = \frac{e^{-rT}}{\sqrt{2\pi}} \int_{T_1}^{\infty} \left(K - \left(S_0 e^{(r - \frac{1}{2}\sigma^2)T + \sigma\sqrt{T}z}\right)\right) e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

atau

$$P = Ke^{-rT} (1 - N(T_1)) - \frac{S_0 e^{(r - \frac{1}{2}\sigma^2)T}}{\sqrt{2\pi}} \int_{T_1}^{\infty} e^{\sigma\sqrt{T}z - \frac{z^2}{2}} dz$$

Misalkan $y = z - \sigma\sqrt{T}$, batas y untuk $z = T_1$ adalah $y = T_1 - \sigma\sqrt{T}$. Sehingga persamaan (7) menjadi

$$P = Ke^{-rT} (1 - N(T_1)) - S_0 (1 - N(T_1 - \sigma\sqrt{T})) \quad \dots(8)$$

dimana

$$N(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{s^2}{2}} ds$$

merupakan fungsi distribusi kumulatif dari distribusi normal. Dari persamaan (7) diperoleh

$$T_1 - \sigma\sqrt{T} = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \left[-\ln \frac{S_0}{K} - \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T \right] \quad \dots(9)$$

Karena berlaku identitas

$$N(z) + N(-z) = 1 \quad \dots(10)$$

Maka untuk $z = T_1 - \sigma\sqrt{T}$, persamaan (10) menjadi

$$1 - N(T_1 - \sigma\sqrt{T}) = N(-(T_1 - \sigma\sqrt{T})) \quad \dots(11)$$

Selanjutnya dengan mensubstitusikan persamaan (9) ke (11) diperoleh

$$1 - N(T_1 - \sigma\sqrt{T}) = N\left(\frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \left[\ln \frac{S_0}{K} + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T \right]\right) \quad \dots(12)$$

Dengan menerapkan identitas pada persamaan (10) dapat diperoleh

$$1 - N(T_1) = N(-T_1) \quad \dots(13)$$

dengan mensubstitusi persamaan (7) ke persamaan (12) diperoleh

$$1 - N(T_1) = N\left(\frac{1}{\sigma\sqrt{T}}\left[\ln\frac{S_0}{K} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T\right]\right) \dots (14)$$

$$\sigma^2_{MLE} = 0,000713$$

Apabila persamaan (12) dan (14) yang disubstitusikan ke persamaan (8) diperoleh solusi untuk *put option* yaitu

$$P = Ke^{-rT}N\left\{-\left(\frac{1}{\sigma\sqrt{T}}\left[\ln\frac{S_0}{K} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T\right]\right)\right\} - S_0N\left\{-\left(\frac{1}{\sigma\sqrt{T}}\left[\ln\frac{S_0}{K} + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T\right]\right)\right\}$$

atau

$$P = Ke^{-rT}N(-d_1) - S_0N(-d_2)$$

dengan

$$d_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}}\left[\ln\frac{S_0}{K} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T\right]$$

$$d_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}}\left[\ln\frac{S_0}{K} + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T\right]$$

B. Studi Kasus

Studi kasus yang digunakan yaitu saham PT Kalbe Farma Tbk. Data yang digunakan yaitu data harga penutupan (*closing price*) berdasarkan *histori price* mulai tanggal 1 Mei 2018 sampai dengan tanggal 26 Juli 2018 dengan menggunakan interval waktu per hari [8]. Adapun proses untuk menghitung nilai opsi jual yaitu

1. Volatilitas harga saham

Volatilitas pada kasus ini diestimasi menggunakan data harga penutupan per hari yaitu 59 hari masa perdagangan.

a) Return harga saham

Return dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

t = interval waktu pengamatan (1,2,3,...,n)

S_t = harga saham pada waktu ke- t

Sehingga nilai rata-rata dari *return* adalah

$$\mu_{MLE} = \frac{\sum_{t=1}^n R_t}{n} = -0.00239$$

b) Volatilitas

Volatilitas saham PT Kalbe Farma Tbk dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$\sigma^2_{MLE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (R_t - \mu_{MLE})^2$$

dimana

n = banyaknya pengamatan

μ_{MLE} = rata-rata dari *return*

R_t = *return* pada waktu t

$$\sigma = 0,02670$$

Sehingga nilai volatilitas harga saham yang didapat sebesar 0,02670 atau 2,67%.

c) Tingkat suku bunga

Berdasarkan data Sertifikat Bank Indonesia (SBI) tingkat suku bunga untuk jangka waktu tiga bulan yang dihitung dari bulan Mei 2018 sampai bulan Juli 2018 yaitu sebesar 5,25% pertahun. Karna jangka waktu yang dihitung selama tiga bulan maka suku bunga menjadi 0,01313.

d) Harga Saham pada Waktu T

Dengan menggunakan persamaan (3.6) akan dihitung harga saham pada waktu T .

$$S(T) = S_0 e^{\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma\sqrt{T}z}$$

Nilai yang akan digunakan adalah

harga saham $S_0 = 1310$

volatilitas $\sigma = 0,02670$

tingkat suku bunga $r = 0,01313$

waktu $T = 3$

sehingga

$$S(T) = 1310 \times e^{\left(0,01313 - \frac{1}{2}(0,02670)^2\right)3 + 0,02670\sqrt{3}z} = 1438,21$$

Jadi, harga saham pada waktu T adalah 1438,21 atau 1438

e) Strike Price

Strike price merupakan harga tebus atas suatu saham acuan KOS yang telah disepakati antara *writer* dan *taker* ketika terjadi perdagangan KOS yang dipertemukan dalam mesin perdagangan. Karna terdapat tiga harga K yang mungkin yaitu $K < S(T)$, $K = S(T)$, dan $K > S(T)$ maka diambil K dengan nilai 1400, 1438, dan 1500.

f) Harga Opsi Jual (*Put Option*)

Untuk mengetahui harga opsi jual maka dibutuhkan nilai-nilai seperti berikut :

harga saham $S_0 = 1438$

harga eksekusi $K = 1400, 1438, \text{ dan } 1500$.

volatilitas $\sigma = 0,02670$

tingkat suku bunga $r = 0.01313$

waktu $T = 3$

maka dengan menggunakan persamaan harga opsi jual (*put option*) yaitu

$$P = Ke^{-r} N(-d_1) - S_0 N(-d_2)$$

dengan

$$d_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \left[\ln \frac{S_0}{K} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) T \right]$$

$$d_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}} \left[\ln \frac{S_0}{K} + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2 \right) T \right]$$

Untuk nilai $K = 1400$

$$d_1 = \frac{1}{0,02670\sqrt{3}} \times \left[\ln \frac{1310}{1400} + \left(0,01313 - \frac{1}{2} 0,000713 \right) 3 \right]$$

$$d_1 = -0,6081$$

dan

$$d_2 = \frac{1}{0,02670\sqrt{3}} \times \left[\ln \frac{1310}{1400} + \left(0,01313 + \frac{1}{2} 0,000713 \right) 3 \right]$$

$$d_2 = -0,5619$$

Berdasarkan nilai d_1 dan d_2 maka dapat diperoleh nilai $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N(d_1) &= N(-0,6081) \\ &= N(-0,60) - 0,81[N(-0,61) - N(-0,60)] \\ &= 0,2743 - 0,81(0,2709 - 0,2743) \\ &= 0,2743 - 0,81 \times (-0,0034) \\ &= 0,277054 \end{aligned}$$

$$N(-d_1) = 1 - 0,277054 = 0,722946$$

$$\begin{aligned} N(d_2) &= N(-0,5619) \\ &= N(-0,56) - 0,19[N(-0,57) - N(-0,56)] \\ &= 0,2877 - 0,19(0,2843 - 0,2877) \\ &= 0,2877 - 0,19 \times (-0,0034) \\ &= 0,28835 \end{aligned}$$

$$N(-d_2) = 1 - 0,28835 = 0,711654$$

selanjutnya

$$\begin{aligned} P &= Ke^{-rT} N(-d_1) - S_0 N(-d_2) \\ &= 1400 \times e^{-(0,01313 \times 3)} \times 0,722946 - 1310 \times 0,711654 \\ &= 40,76506303 \end{aligned}$$

Untuk nilai $K = 1438$

$$d_1 = \frac{1}{0,02670\sqrt{3}} \left[\ln \frac{1310}{1438} + \left(0,01313 - \frac{1}{2} 0,000713 \right) 3 \right]$$

$$d_1 = -1,1872$$

dan

$$d_2 = \frac{1}{0,02670\sqrt{3}} \left[\ln \frac{1310}{1438} + \left(0,01313 + \frac{1}{2} 0,000713 \right) 3 \right]$$

$$d_2 = -1,1410$$

Berdasarkan nilai d_1 dan d_2 maka dapat diperoleh nilai $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ sebagai berikut.

$$\begin{aligned} N(d_1) &= N(-1,1872) = N(-1,18) - 0,72[N(-1,19) - N(-1,18)] \\ &= 0,1190 - 0,72(0,1170 - 0,1190) \\ &= 0,1190 - 0,72 \times (-0,0020) \\ &= 0,12046 \end{aligned}$$

$$N(-d_1) = 1 - 0,12046 = 0,87954$$

$$N(d_2) = N(-1,1410)$$

$$\begin{aligned} &= N(-1,14) - 0,10[N(-1,15) - N(-1,14)] \\ &= 0,1271 + 0,10(0,1251 - 0,1271) \\ &= 0,1271 + 0,10 \times 0,0020 \\ &= 0,1273 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N(-d_2) &= 1 - 0,1273 = 0,8727 \end{aligned}$$

Selanjutnya

$$\begin{aligned} P &= Ke^{-rT} N(-d_1) - S_0 N(-d_2) \\ &= 1438 \times e^{-(0,01313 \times 3)} \times 0,87954 - 1310 \times 0,8727 \\ &= 72,69033438 \end{aligned}$$

Untuk nilai $K = 1500$

$$d_1 = \frac{1}{0,02670\sqrt{3}} \left[\ln \frac{1310}{1500} + \left(0,01313 - \frac{1}{2} 0,000713 \right) 3 \right]$$

$$d_1 = -2,1000$$

dan

$$d_2 = \frac{1}{0,02670\sqrt{3}} \left[\ln \frac{1310}{1500} + \left(0,01313 + \frac{1}{2} 0,000713 \right) 3 \right]$$

$$d_2 = -2,0537$$

Berdasarkan nilai d_1 dan d_2 maka dapat diperoleh nilai $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ sebagai berikut.

$$N(d_1) = N(-2,1000) = 0,0179$$

$$N(-d_1) = 1 - 0,0179 = 0,9821$$

$$N(d_2) = N(-2,0537)$$

$$= N(-2,05) - 0,37[N(-2,06) - N(-2,05)]$$

$$= 0,0202 - 0,37(0,0197 - 0,020)$$

$$= 0,0202 - 0,37 \times (-0,0005)$$

$$= 0,0387$$

$$N(-d_2) = 1 - 0,0387 = 0,9613$$

selanjutnya

$$P = Ke^{-r} N(-d_1) - S_0 N(-d_2)$$

$$= 1500 \times e^{-(0,01313 \times \frac{1}{4})} \times 0,9821 - 1310 \times 0,9613$$

$$= 156,9476117$$

Dari hasil harga opsi jual dapat dibentuk tabel *payoff* untuk opsi jual Amerika yaitu:

TABEL 3
HARGA OPSI JUAL PT KALBE FARMA TBK

No	Strike Price	Harga Put Option
1	1400	40,76506303
2	1438	72,69033438
3	1500	156,9476117

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa harga *Put Option* bernilai positif untuk semua nilai *strike price*. Sehingga PT Kalbe Farma Tbk akan menjual sahamnya pada harga *Put Option* yang tertinggi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi harga *Put Option* akan menghasilkan keuntungan yang semakin besar pula..

KESIMPULAN

Harga opsi dipengaruhi oleh pergerakan harga saham, harga *strike price* volatilitas, rata-rata tingkat pengembalian (*return*) harga saham, tingkat suku bunga bebas risiko, dan waktu jatuh tempo. Jika harga saham turun maka harga opsi jual (*put option*) akan meningkat. Besarnya harga pelaksanaan (*Strike Price*) akan tetap selama umur opsi tersebut. Jika faktor lain diasumsikan tetap, maka harga opsi jual akan semakin tinggi jika harga pelaksanaannya semakin tinggi. Untuk volatilitas, semakin besar volatilitas harga saham maka harga opsi juga semakin tinggi, hal ini dikarenakan jika semakin besar volatilitas maka akan semakin besar peluang harga saham akan mengalami perubahan (harga saham turun, tetap, atau naik).

REFERENSI

- [1] Tandililin, E. (2010). *Portofolio dan Investasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- [2] Ismail, H. (2008). *Implementasi Metode Leat Square Monte Carlo untuk Menentukan Opsi Put Amerika*. Skripsi: UI
- [3] Hull, J. C. (2009). *Option, Futures, and Other Derivatives Seventh Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- [4] Ismail, H. (2008). *Implementasi Metode Leat Square Monte Carlo untuk Menentukan Opsi Put Amerika*. Skripsi: UI
- [5] Martalena, M. M. (2011). *Pengantar Pasar Modal*. Yogyakarta: Andi.
- [6] Nababan, M. (2004). *Matematika Keuangan untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: GRASINDO.
- [7] Papoulis, A. (2002). *Probabilitas Variabel Random dan Proses Stokastik*. Yogyakarta: UGM Press.
- [8] Wulan, Yuli Andari. (2018). *penentuan Harga Opsi iAmerika dengan Menggunakan Metode Gerak Brown Geometri*. Skripsi: UNP