

**Penentuan Harga Opsi Saham Tipe Amerika dengan Model Binomial
(Studi Kasus: PT Rio Tinto Plc)**

*Pricing Stock Options with the American Type Binomial Model
(Case Study: PT Rio Tinto Plc)*

Muhammad Syazali¹, Yuki Novia N², Sri Wahyuningsih³

¹Mahasiswa Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

^{2,3}Dosen Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

E-mail: syazali.science@gmail.com¹, yuki.novia.n@gmail.com², swahyuningsih@gmail.com³

Abstract

Option is essentially a right to buy or sell a particular stock for a predetermined period and price. Option price is assumed to have two future values which are to be increasing or decreasing, therefore determining the option price could be approached with Binomial model. In option price model, there are several factors that could affect its calculation which are strike price (K), the maturity date (T), and stock price on the maturity date (T). The basic parameters that are needed to be calculated to determine option price are the level of increasing stock price (u), the level of decreasing stock price (d), the initial stock price (S₀) and the probability of the neutral risk p and q. After we received the numbers of these four parameters, then we could proceed to determine the option price American type with Binomial model. The purpose to this research is to determine option price which then will be compared with the market's option price as a consideration for the investors to whether buy or sell that option, therefore maximizing profit and minimizing loss. In this case, we have calculated the call option value for strike price \$40 and \$42,50 which is \$4,64 and \$2,64 consecutively for the exercise date of 20th of February 2015. On the other hand, the put option value for strike price \$50 is \$8,30. The maximum profit received the owner of the call option is \$5,35 for each share as opposed to the owner of the put option who does not make any profit and in fact experiencing losses as much as the option price paid.

Keywords: Binomial model, call options, options, put options, the American type.

Pendahuluan

Menurut Hidayat (2010), opsi saham (*stock options*) adalah suatu kontrak yang memberikan hak (bukan kewajiban) kepada pemegangnya untuk membeli saham atau menjual saham pada harga tertentu yang ditetapkan sekarang (*strike price*), untuk penyerahan pada waktu tertentu di masa yang akan datang (*expiration date*). Hak pembeli opsi saham dapat berupa hak untuk membeli suatu saham yang biasa disebut dengan *call option* dan hak untuk menjual suatu saham kepada pemegang opsi saham dengan harga yang sudah disepakati yang biasa disebut dengan *put option*. Hak berdasarkan aturan waktu pelaksanaannya opsi saham dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe Amerika dan tipe Eropa. Opsi saham tipe Amerika dapat dilakukan kapan saja hingga tanggal waktu jatuh temponya, sedangkan opsi saham tipe Eropa hanya dapat dilakukan pada tanggal waktu jatuh temponya.

Bittman (2009) menjelaskan bahwa harga opsi merupakan keuntungan yang diperoleh pembeli opsi. Dalam mengestimasi harga opsi tipe Amerika lebih sulit dibandingkan harga opsi tipe Eropa. Hal ini dikarenakan harga opsi tipe Amerika tidak bergantung pada harga saham saat jatuh tempo tetapi juga fluktuasi harga saham selama opsi itu berjalan. Untuk menetapkan harga opsi saham dapat

diaproksimasi dengan berbagai model matematika, salah satunya adalah dengan model binomial. Model binomial pertama kali dikembangkan secara bersamaan oleh Cox, Ross dan Rubinstein pada tahun 1979 dengan pendekatan waktu diskrit. Model Binomial ini kemudian dikenal sebagai model CRR. Pada tulisan ini akan dikaji penentuan harga opsi saham tipe Amerika dengan model binomial serta penerapannya pada harga saham perusahaan Rio Tinto Plc (RIO).

Dasar dari Model Peneapan Harga Opsi Saham

Menurut Ross (1999), harga saham pada pasar bebas kenyataannya akan selalu berubah naik atau turun dengan perubahan waktu. Kemungkinan dua arah perubahan inilah yang digunakan sebagai dasar model binomial. Jika harga saham sekarang adalah S₀, maka satu periode ke depan harga tersebut dapat naik menjadi S₀u dengan peluang p, atau turun menjadi S₀d dengan peluang 1-p seperti pada Gambar 1.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah:

(A1) Harga S₀ sebagai harga awal, selama periode waktu δ_t hanya dapat berubah dalam dua kemungkinan yaitu naik menjadi S₀u atau

turun menjadi S_0d dengan $0 < d < 1 < u$. Di sini u dan d masing-masing merupakan faktor perubahan naik dan turun yang konstan untuk setiap δt .

- (A2) Peluang perubahan naik adalah p , $P(\text{naik}) = p$, sehingga $P(\text{turun}) = 1 - p$.
- (A3) Ekspektasi harga saham secara acak kontinu, dengan suku bunga bebas resiko r , dari S_0 pada waktu t_i menjadi S_{i+1} pada waktu t_{i+1} adalah:

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{r\delta t} \tag{1}$$

Sehingga pada akhir periode pertama harga saham akan menjadi

$$S_1 = \begin{cases} S_0 u, & \text{dengan peluang } p \\ S_0 d, & \text{dengan peluang } (1 - p) \end{cases}$$

Selanjutnya setelah interval ke-2, harga saham pada akhir periode kedua menjadi

$$S_2 = \begin{cases} S_0 u^2, & \text{dengan peluang } p^2 \\ S_0 u d, & \text{dengan peluang } 2p(1 - p) \\ S_0 d^2, & \text{dengan peluang } (1 - p)^2 \end{cases}$$

Misalkan i menyatakan frekuensi kenaikan harga saham yang muncul pada n periode perubahan harga saham. Dengan kata lain, i merupakan peubah acak diskrit. Maka proses selanjutnya, pada akhir periode keempat terdapat lima hasil yang mungkin terjadi dan seterusnya. Jadi setelah waktu ke- n , akan terdapat $n + 1$ perubahan harga saham, sehingga harga saham pada akhir periode n adalah

$$S_{n,i} = S_0 u^i d^{n-i}; i = 0, 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

dengan fungsi kepadatan peluang dari $f(i)$ sebagai berikut:

$$f(i) = {}_n C_i p^i (1 - p)^{n-i}; i = 0, 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

Harga saham saat mencapai jatuh tempo T sama nilainya ketika harga saham S_0 berubah pada akhir periode ke- n sehingga $S_{T,i} = S_{n,i}$ dari persamaan (2.10), maka harga saham pada waktu jatuh tempo T dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_{T,i} = S_0 u^i d^{n-i} \text{ dengan peluang } {}_n C_i p^i (1 - p)^{n-i}; i = 0, 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

Persamaan untuk menentukan nilai dari *call option* pada pergerakan pertama δt adalah:

$$V_u = \max(S_0 u - K, 0) \tag{5}$$

$$V_d = \max(S_0 d - K, 0) \tag{6}$$

Dimana K adalah *strike price*, V_u dan V_d berturut-turut adalah nilai dari *call option* setelah pergerakan naik dan turun. Sedangkan untuk nilai dari *put option* adalah sebagai berikut:

$$V_u = \max(K - S_0 u; 0) \tag{7}$$

$$V_d = \max(K - S_0 d; 0) \tag{8}$$

Sehingga nilai dari *call option* satu periode dengan risiko netral pada waktu sekarang adalah:

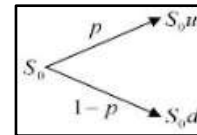
$$V = e^{-r\delta t} [pV_u + (1 - p)V_d] \tag{9}$$

Konsekuensi dari asumsi (A1) dan (A2) untuk model diskrit ini adalah

$$E(S_{i+1}) = pS_i u + (1 - p)S_i d = S_i (pu + (1 - p)d) \tag{10}$$

Di sini S_i adalah sebuah nilai sebarang untuk t_i , yang berubah secara acak menjadi S_{i+1} , sehingga

$$\begin{aligned} e^{r\delta t} &= pu + (1 - p)d \\ e^{r\delta t} &= pu + (1 - p)d \\ e^{r\delta t} &= pu + d - pd \\ e^{r\delta t} &= p(u - d) + d \\ p &= \frac{e^{r\delta t} - d}{u - d} \end{aligned} \tag{11}$$



Gambar 1. Pohon Binomial Harga Saham Satu Periode

Karena p merupakan peluang yang harus memenuhi $0 \leq p \leq 1$ maka haruslah

$$e^{r\delta t} - d \leq u - d \text{ atau } e^{r\delta t} \leq u \text{ dan } u - d > 0 \text{ atau } d \leq u, \text{ sehingga diperoleh } d \leq e^{r\delta t} \leq u.$$

Volatilitas menunjukkan jumlah dari ketidakpastian atau risiko tentang perubahan besarnya nilai dari saham. Faktanya, volatilitas merupakan hal yang sangat penting dalam penaksiran nilai opsi karena volatilitas salah satu faktor yang mempengaruhi harga opsi. Dalam penaksiran volatilitas (σ) menggunakan n harga penutupan saham secara berurutan. Misalkan waktu sekarang t dan data historis harga saham $S(y)$, dengan $0 \leq y \leq t$. Definisikan peubah acak:

$$X_i = \ln \left(\frac{S_{(i+1)l}}{S_{il}} \right)$$

dimana:

$$l = \frac{1}{\text{jumlah hari perdagangan}}$$

Perkembangan perubahan harga penutupan saham diasumsikan mengikuti gerak *Brown Geometric* dengan parameter rata-rata μ dan variansi σ^2 . Sehingga X_1, X_2, \dots, X_n adalah peubah acak berdistribusi normal dengan rata-rata μ dan variansi σ^2 . Untuk menaksir σ^2 dapat digunakan $\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$. Perhatikan n harga saham penutupan harian yang berurutan yaitu c_1, c_2, \dots, c_n

$$X_i = \ln \left(\frac{c_{i+1}}{c_i} \right)$$

$$X_i = \ln(c_{i+1}) - \ln(c_i); i = 1, 2, \dots, n \tag{12}$$

Variansi dari data tersebut adalah $\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$ sehingga didapat:

$$\sigma^2 = \frac{1}{l} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{l} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (13)$$

Berdasarkan nilai volatilitas ditentukan nilai u dan d dengan persamaan:

$$u = e^{\sigma \sqrt{\delta t}} \quad (14)$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\delta t}} \quad (15)$$

σ , u dan d berturut-turut adalah volatilitas, faktor pergerakan naik dan turun.

Untuk model binomial 2 periode, jika V_{uu} adalah nilai dari *call option* pada saat $2\delta t$ untuk dua kali pergerakan naik, V_{ud} untuk satu kali naik kemudian satu kali turun, dan V_{dd} untuk dua kali pergerakan turun maka didapat:

$$V_{uu} = \max(S_0 uu - K; 0) \quad (16)$$

$$V_{ud} = \max(S_0 ud - K; 0) \quad (17)$$

$$V_{dd} = \max(S_0 dd - K; 0) \quad (18)$$

Nilai untuk *call option* pada saat δt adalah:

$$V_u = e^{-r\delta t} [pV_{uu} + (1-p)V_{ud}] \quad (19)$$

$$V_d = e^{-r\delta t} [pV_{ud} + (1-p)V_{dd}] \quad (20)$$

sehingga nilai opsi untuk dua periode adalah:

$$V = e^{-r\delta t} [pe^{-r\delta t} [pV_{uu} + (1-p)V_{ud}] + (1-p)e^{-r\delta t} [pV_{ud} + (1-p)V_{dd}]]$$

$$V = e^{-2r\delta t} [p^2V_{uu} + 2p(1-p)V_{ud} + (1-p)^2V_{dd}] \quad (21)$$

Maka untuk nilai opsi pada $T = N\delta t$ sebagai berikut:

$$V = e^{-Nr\delta t} \sum_{j=0}^N {}_N C_j p^j (1-p)^{N-j} V_{u^j d^{N-j}} \quad (22)$$

Oleh karena itu nilai *call* dan *put option* untuk n periode adalah sebagai berikut:

$$V_{call} = e^{-Nr\delta t} \sum_{j=0}^N {}_N C_j p^j (1-p)^{N-j} \max(S_0 u^j d^{N-j} - K; 0) \quad (23)$$

$$V_{put} = e^{-Nr\delta t} \sum_{j=0}^N {}_N C_j p^j (1-p)^{N-j} \max(K - S_0 u^j d^{N-j}; 0) \quad (24)$$

Implementasi Model Binomial dalam Penaksiran Opsi Amerika

Fadugba, et.al (2013) menjelaskan bahwa saat pergerakan harga saham diatur dengan *multi-step binomial tree*, maka pencarian harga opsi dengan model binomial dilakukan secara terpisah. *Multi-step binomial tree* ini dapat digunakan untuk opsi Amerika dan opsi Eropa. Untuk

permasalahan ini maka digunakan *multi-step binomial* yang berbeda untuk opsi Amerika baik itu pembayaran saham yang *dividend* maupun *non-dividend*. Secara berturut-turut harga saham *underlying asset* untuk pembayaran saham secara *non-dividend* dan *dividend* sebagai berikut:

$$S_{i,j} = S_0 u^j d^{i-j}, 0 \leq i \leq N, 0 \leq j \leq i \quad (25)$$

$$S_{i,j} = S_0 (1-\lambda) u^j d^{i-j}, 0 \leq i \leq N, 0 \leq j \leq i \quad (26)$$

dimana pembayaran dividen saham ditetapkan sebagai λ yang menurunkan harga dari *underlying asset*.

Harga saham pada simpul (i,j) adalah $S_0 u^j d^{i-j}$, kemudian nilai *call* dan *put* opsi Amerika dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$C_{i,j} = \max(S_0 u^j d^{i-j} - K; 0) \quad (27)$$

$$P_{i,j} = \max(K - S_0 u^j d^{i-j}; 0) \quad (28)$$

Terdapat sebuah peluang dalam pergerakan dari simpul (i,j) pada waktu $i\delta t$ ke simpul (i+1,j+1) pada waktu (i+1) δt dan pergerakan dari simpul (i,j) pada waktu $i\delta t$ ke simpul (i+1,j) pada waktu (i+1) δt yaitu p dan (1-p). Sehingga estimasi harga opsi dengan risiko netral untuk opsi tipe Amerika adalah:

$$V_{i,j}^* = e^{-r\delta t} [pV_{(i+1,j+1)} + (1-p)V_{(i+1,j)}], 0 \leq i \leq N-1, 0 \leq j \leq i \quad (29)$$

Untuk sebuah *put* opsi Amerika, kita melakukan pemeriksaan terhadap setiap simpul untuk melihat apakah meng-*exercise* opsi lebih baik dari menahan opsi untuk periode δt selanjutnya. Ketika kita mempertimbangkan untuk meng-*exercise* opsi, maka nilai $V_{i,j}$ harus dibandingkan dengan nilai intrinsiknya. Sehingga didapat:

$$V_{i,j} = (C_{i,j}, V_{i,j}^*) \quad (30)$$

$$V_{i,j} = (P_{i,j}, V_{i,j}^*) \quad (31)$$

Substitusi persamaan (2.37) dan (2.39) ke persamaan (2.40) serta persamaan (2.38) dan (2.39) ke persamaan (2.41) maka:

$$V_{i,j} = \max(S_0 u^j d^{i-j} - K; e^{-r\delta t} [pV_{(i+1,j+1)} + (1-p)V_{(i+1,j)}]) \quad (32)$$

$$V_{i,j} = \max(K - S_0 u^j d^{i-j}; e^{-r\delta t} [pV_{(i+1,j+1)} + (1-p)V_{(i+1,j)}]) \quad (33)$$

Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Statistika Deskriptif

Data yang digunakan adalah harga penutupan saham PT Rio Tinto Plc dari tanggal 21 Januari 2014 sampai dengan 19 Februari 2015. Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh:

Tabel 1. Analisis Statistika Deskriptif

Mean	52,37
Standar deviasi	4,32
Minimum	40,7
Maksimum	59,93

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa rata-rata penutupan harga saham PT Tio Tinto Plc sebesar \$ 52,37 dengan standar deviasi yang cukup kecil yaitu \$ 4,32 artinya perubahan harga saham tidak fluktuatif. Nilai minimum penutupan harga saham PT Rio Tinto Plc adalah sebesar \$ 40,7 yaitu pada tanggal 15 Desember 2014. Sedangkan nilai maksimumnya mencapai \$ 59,93 yaitu pada tanggal 20 Februari 2014.

b. Penentuan Parameter

Sebelum menentukan nilai parameter, terlebih dahulu ditentukan nilai *return* saham dengan menggunakan persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$X_i = \ln\left(\frac{c_{i+1}}{c_i}\right) = \ln(c_{i+1}) - \ln(c_i); i = 1, 2, \dots, n$$

$$X_1 = \ln(53,86) - \ln(53,28) = 0,0108$$

$$X_2 = \ln(53,25) - \ln(53,86) = -0,0114$$

⋮
⋮
⋮

$$X_{250} = \ln(44,20) - \ln(43,10) = 0,0252$$

Selanjutnya berdasarkan nilai *return* tersebut ditentukan nilai volatilitasnya sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{250} X_i}{250} = -0,000747345$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{l} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{1/251} \frac{\sum_{i=1}^{250} (X_i + 0,000747345)^2}{250 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{251(0,000310611)} \approx 27,92\%$$

Diketahui harga saham PT Rio Tinto Plc di pasar pada tanggal 19 Januari 2015 adalah \$ 44,2 dengan nilai volatilitas harga saham adalah 27,92%, tingkat suku bunga Inggris adalah 0,5 %, dan waktu jatuh tempo opsi saham tersebut sampai tanggal 20 Februari 2015. Kemudian dicari nilai parameter u, d dan p sebagai berikut:

Untuk waktu jatuh tempo 16 hari dan banyaknya pohon binomial (n) = 32 maka

$$T = \frac{16}{365} = 0,0438$$

Untuk n = 32 maka

$$\delta_t = \frac{T}{n} = \frac{0,0438}{32} = 0,00137$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta_t}} = e^{0,2792\sqrt{0,00137}} = 1,01039$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta_t}} = e^{-0,2792\sqrt{0,00137}} = 0,98972$$

$$p = \frac{e^{r\delta_t} - d}{u - d} = \frac{e^{0,005(0,00137)} - 0,98972}{1,01039 - 0,98972} = 0,49775$$

Dengan menggunakan program yang telah dibuat pada *software* Matlab 5.3 maka di diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.

c. Penentuan Harga Opsi Tipe Amerika

Dihitung perubahan harga opsi saham tipe Amerika dengan model binomial. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Untuk waktu jatuh tempo 16 hari dan banyaknya pohon binomial (n) = 32 maka

Untuk i = 1

$$S_{1,0} = 44,2 \times 1,01039^0 \times 0,98972^1 = 43,7456$$

$$S_{1,1} = 44,2 \times 1,01039^1 \times 0,98972^0 = 44,6592$$

hingga untuk i = 32.

Selanjutnya berdasarkan pergerakan harga saham secara binomial maka ditentukan nilai dari opsi saham. Dengan menggunakan persamaan (2.40) dan (2.41), maka didapat nilai *call option* tipe Amerika untuk *strike price* \$ 40 sebagai berikut:

$$i = 32$$

$$V_{32,32} = \max(61,5728 - 40; 0) = 21,5278$$

$$V_{32,31} = \max(60,2691 - 40; 0) = 20,2691$$

⋮
⋮
⋮

$$V_{32,0} = \max(31,7554 - 40; 0) = 0$$

i = 31

$$V_{31,31} = \max(60,8951 - 40; e^{-0,005 \times 0,00137} (0,49775 \times 21,5278 + 0,50225 \times 20,2691)) = 20,8951$$

⋮
⋮
⋮

$$V_{31,0} = \max(32,0852 - 40; e^{-0,005 \times 0,00137} (0,49775 \times 0 + 0,50225 \times 0)) = 0$$

Hingga didapat nilai

$$V_{0,0} = \max(44,2 - 40; e^{-0,005 \times 0,00137} (0,49775 \times 3,934 + 0,50225 \times 4,818)) = 4,3781$$

Dengan menggunakan program yang telah dibuat pada *software* Matlab 5.3 maka diperoleh informasisebaiknya investor mempertimbangkan untuk membeli/menahan *call option* dengan *strike price* \$ 40 dan \$ 42,5 karena hasil perhitungan opsi berdasarkan model binomial lebih besar dari harga opsi di pasar. Kemudian melakukan *exercise* setelah 32 hari yaitu pada tanggal 20 Februari 2015. Sedangkan apabila investor

memiliki *call option* pada *strike price* yang lain maka sebaiknya dipertimbangkan untuk menjual opsi tersebut.

Selanjutnya ditentukan nilai *put option* tipe Amerika untuk *strike price* \$ 35 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & i = 32 \\
 V_{32,32} &= \max(35 - 61,5728; 0) = 0 \\
 V_{32,31} &= \max(35 - 60,8951; 0) = 0 \\
 & \vdots \\
 & \vdots \\
 V_{32,0} &= \max(35 - 31,7554; 0) = 3,2446 \\
 & i = 31 \\
 V_{31,31} &= \max(35 - 60,8951; e^{-0,005 \times 0,00137} \\
 & (0,49775 \times 0 + 0,50225 \times 0)) = 0 \\
 & \vdots \\
 & \vdots \\
 V_{31,0} &= \max(35 - 32,0852; e^{-0,005 \times 0,00137} \\
 & (0,49775 \times 2,5814 + 0,50225 \\
 & \times 3,2446)) = 2,9148 \\
 \text{Hingga didapat nilai} \\
 V_{0,0} &= \max(35 - 44,2; e^{-0,005 \times 0,00137} \\
 & (0,49775 \times 0,000005 + 0,50225 \\
 & \times 0,000005)) \\
 & = 0,000005
 \end{aligned}$$

Sebaiknya investor mempertimbangkan untuk membeli/menahan *put option* dengan *strike price* \$ 52,5 karena hasil perhitungan opsi berdasarkan model binomial lebih besar dari harga opsi di pasar. Kemudian melakukan *exercise* setelah 16 atau 32 hari yaitu pada tanggal 4 Februari 2015 atau 20 Februari 2015. Sedangkan apabila investor memiliki *put option* pada *strike price* lainnya, maka sebaiknya dipertimbangkan untuk menjual opsi tersebut.

Tabel 2. Nilai Parameter

Parameter	Waktu jatuh tempo = 16 hari			
	32	64	128	256
u	1,01039	1,0073338	1,00518	1,00366
d	0,98972	0,9927196	0,99485	0,99635
p	0,49775	0,4984076	0,49887	0,4992
Parameter	Waktu jatuh tempo = 32 hari			
	32	64	128	256
u	1,01472	1,0103872	1,00733	1,00518
d	0,98549	0,9897196	0,99272	0,99485
p	0,49682	0,497748	0,49841	0,49887

d. Penentuan Laba Rugi Opsi Tipe Amerika

Ditentukan laba/rugi *call option* saham PT Rio Tinto Plc untuk waktu jatuh tempo 20 Februari 2015 sebagai berikut:

Laba = Harga saham - (*Strike Price* + Harga opsi) Laba = 46,27 - (40 + 4,59) = 1,68 untuk waktu jauh tempo 16 hari

Laba = 49,94 - (40 + 4,59) = 5,35 untuk waktu jauh tempo 32 hari

Diketahui bahwa keuntungan maksimum yang diperoleh untuk *call option* adalah \$ 5,35 untuk setiap lembar saham dengan *strike price* \$ 40. Jika pembeli *call option* meng-*exercise* opsinya pada saat jatuh tempo yaitu tanggal 20 Februari 2015. Sedangkan apabila pembeli *call option* melakukan *early exercise* yaitu pada tanggal 4 Februari 2015, maka akan mendapatkan keuntungan sebesar \$ 1,68 untuk setiap lembar saham. kerugian yang diderita oleh para investor yaitu sebesar harga opsi yang dibayarkan saat pembelian opsi tersebut. Dengan kata lain, investor tidak menggunakan haknya untuk membeli saham PT Rio Tinto Plc sesuai dengan *strike price* yang sudah disepakati. Apabila opsi dengan *strike price* tersebut di *exercise*, maka investor akan mendapatkan kerugian terhitung dalam setiap lembar saham.

Ditentukan laba/rugi *put option* saham PT Rio Tinto Plc untuk waktu jatuh tempo 20 Februari 2015 sebagai berikut:

Laba = *Strike Price* - (Harga saham + Harga opsi)
 Laba = 35 - (46,27 + 0,15) = -11,42 untuk waktu jauh tempo 16 hari
 Laba = 35 - (49,94 + 0,15) = -15,09 untuk waktu jauh tempo 32 hari

Berdasarkan nilai tersebut maka investor akan memperoleh kerugian sebesar \$ 11,42 atau \$ 15,09 untuk setiap lembar saham apabila investor meng-*exercise* *put option* yang dimiliki. Oleh karena itu sebaiknya investor tidak men-*exercise* opsinya sehingga kerugian yang diderita hanya sebesar harga opsi yang dibayarkan yaitu \$ 0,15. Tidak terdapat keuntungan yang diperoleh untuk pembeli/pemilik *put option* pada saham PT Rio Tinto Plc. Sebaliknya, investor yang memiliki *put option* akan mengalami kerugian sebesar harga opsi yang sudah dibayarkan.

Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan model binomial maka diperoleh harga *call option* saham PT Rio Tinto Plc untuk *strike price* \$ 40 dan \$ 42,5 berturut-turut sebesar \$ 4,64 dan \$ 2,64 untuk waktu *exercise* 32 hari sejak pembelian opsi tersebut, yaitu pada tanggal 20 Februari 2015. Karena nilai tersebut lebih besar dari harga opsi di pasar yaitu berturut-turut \$ 4,59 dan \$ 2,35 maka investor sebaiknya mempertimbangkan untuk membeli opsi tersebut. Sedangkan harga *put option* saham PT Rio Tinto Plc untuk *strike price* \$ 52,5 adalah sebesar \$ 8,3. Karena nilai tersebut lebih besar dari harga opsi di pasar yaitu \$ 7,3, maka investor sebaiknya mempertimbangkan untuk membeli opsi tersebut.

2. Keuntungan maksimum yang diperoleh untuk *call option* adalah \$ 5,35 untuk setiap lembar saham, dengan *strike price* \$ 40. Jika pembeli *call option* meng-*exercise* opsinya pada saat jatuh tempo yaitu tanggal 20 Februari 2015. Sedangkan untuk *put option*, tidak ada keuntungan yang diperoleh. Sebaliknya investor mengalami kerugian sebesar harga opsi yang dibayarkan untuk semua *strike price*.
3. Program untuk menghitung *call/put option* tipe Amerika telah dibuat dengan menggunakan *software* Matlab 5.3 sehingga memudahkan dalam penentuan harga opsi saham tipe Amerika.

Daftar Pustaka

- Andriyanto. 2009. "Model Investasi Harga Saham Tipe Eropa dengan Menggunakan Model Black-Scholes". **Skripsi** Sarjana Sains Bidang Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Aziz, Abdul. 2004. "Empat Bentuk Nilai Parameter-parameter u , d , dan p dalam Model Binomial Harga Saham". Departemen Matematika. Institut Teknologi Bandung.
- Bittman, James B. 2009. *Tingkatkan Profit Melalui Opsi*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Boedijoeono, Noegroho. 2001. *Pengantar Statistik Ekonomi dan Perusahaan*. Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan AMP YKPN.
- Desda, Mia Muchia. 2012. "Harga Opsi Saham Tipe Amerika dengan Model Binomial". **Skripsi** Sarjana Sains Bidang Matematika. Universitas Andalas Padang.
- Fadugba, S.E., Ajayi, A.O. & Nwozo, C.R. 2013. "Effect of Volatility on Binomial Model for the Valuation of American Options". *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*. 18(1) (2013). pp. 43-53.
- Hidayat, T. 2010. *Buku Pintar Investasi Reksadana, Saham, Opsi Saham, Valas & Emas*. Jakarta: Penerbit Mediakita.
- Ross, Sheldon M. 1999. *An Introduction to Mathematical Finance: Options and Other Topics*. United State Of America: Cambridge University Press.
- Salam, Abdus. 1989. *Pengantar Teori Peluang dan Statistika*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Salim, Joko. 2010. *Cara Gampang Bermain Saham*. Jakarta: Visi Media
- Tandelilin, Eduardus. 2010. *Portfolio dan Investasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Walpole, Ronald E. & Myers Raymond H. 1978. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. New York: Macmillan Publishing Co.,Inc