BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang perhitungan harga *American call option* tanpa dividen dengan menggunakan metode binomial. Pembahasan ini dimulai dengan merekonstruksi metode binomial perhitungan harga saham hingga mendapatkan nilai *American call option* di setiap titik. Selanjutnya akan dilakukan simulasi dan interpretasi hasil. Data simulasi diambil pada harga penutupan saham Barnes Group Inc dari http://www.finance.yahoo.com/.

4.1 Rekonstruksi Metode Binomial Perhitungan Harga Saham

Harga sebuah saham diasumsikan hanya bisa memiliki dua nilai yang mungkin pada saat kadaluwarsa *option*. Saham tersebut mungkin meningkat hingga harga tinggi tertentu ataupun turun hingga harga rendah tertentu. Harga saham pada waktu tertentu sangat diperlukan oleh *holder* dan *writer* untuk menentukan nilai *option*.

Harga saham awal digunakan untuk menentukan harga saham sampai pada waktu jatuh tempo dengan menggunakan metode binomial. Harga saham dari semua titik sampai pada waktu jatuh tempo ditentukan menggunakan persamaan (2.16) dengan i adalah indeks waktu dan j adalah indeks kenaikan harga saham.

$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j}\ ; \quad i = 0,1,2, \dots, M\ ; \quad j = 0,1,2, \dots, i$
S_{00} (S pada $j = 0, i = 0$) $= S_0 u^0 d^0 = S_0$
S_{01} (S pada $j = 0, i = 1$) $= S_0 u^0 d^1 = S_0 d$
S_{11} (S pada $j = 1, i = 1$) $= S_0 u^1 d^0 = S_0 u$
S_{02} (S pada $j = 0, i = 2$) $= S_0 u^0 d^2 = S_0 d^2$
S_{12} (S pada $j = 1, i = 2$) $= S_0 u^1 d^1 = S_0 ud$
S_{22} (S pada $j = 2, i = 2$) $= S_0 u^2 d^0 = S_0 u^2$
S_{03} (S pada $j = 0, i = 3$) $= S_0 u^0 d^3 = S_0 d^3$
S_{13} (S pada $j = 1, i = 3$) $= S_0 u^1 d^2 = S_0 ud^2$
S_{23} (S pada $j = 2, i = 3$) $= S_0 u^2 d^1 = S_0 u^2 d$
S_{33} (S pada $j = 3, i = 3$) $= S_0 u^3 d^0 = S_0 u^3$

.
.
.
S_{ji} (S pada $j = j, i = i$) $= S_0 u^j d^{i-j}$

Hasil perhitungan harga saham di tiap-tiap titik S_{ji} digunakan untuk mencari nilai intrinsik.

4.2 Menentukan Nilai Intrinsik (*Payoff*)

Nilai intrinsik merupakan nilai ekonomis *option* saham jika *option* tersebut dilaksanakan, yaitu sebesar selisih antara harga saham saat pelaksanaan *option* dengan harga *option* saham yang telah ditentukan. Nama lain dari nilai intrinsik adalah nilai *payoff*. *Call option* akan mempunyai nilai intrinsik yang positif jika harga saham (S) lebih besar dari *strike price* (X) dengan kata lain $S \geq X$. Pembelian saham dengan harga X membuat *holder* mendapat keuntungan sebesar $V = S - X$, jika ternyata $S < X$, maka nilai intrinsik dari *call option* adalah nol. Dalam pergerakan waktunya, nilai-nilai ini membentuk sebuah fungsi yang dinamakan fungsi *payoff*.

Harga saham pada waktu jatuh tempo sudah ditentukan, selanjutnya dapat ditentukan nilai intrinsik (*payoff*). Nilai *payoff* periode akhir digunakan untuk menghitung nilai *option* dengan cara *backward* pada periode sebelumnya, sehingga didapat nilai *option* di seluruh titik.

Metode binomial mengubah T yang kontinu menjadi waktu (t) yang mengandung unsur diskrit i. Agar menghasilkan i yang mendekati kontinu, maka T dipartisi sejumlah M dengan M secara umum adalah jumlahan yang besar ($M \rightarrow \infty$). Waktu ke-i direpresentasikan dengan t_i dengan $i = 0,1,2, \ldots, M$. j adalah indeks kenaikan harga saham tiap periodenya, j mengikuti i yang berjalan dari $0,1,2, \ldots, i$. Maka fungsi *payoff* dari *American call option* berdasarkan persamaan (2.1) menjadi

$$V_{ji} = max\{S(j,i) - X, 0\} = max\{S_{ji} - X, 0\} = (S_{ji} - X, 0)^{+} \tag{4.1}$$

i adalah indeks waktu, S adalah harga saham dan X adalah *strike price*.
Nilai *payoff* di akhir periode ($V_{jM},\ i = M$) adalah sebagai berikut:

$$V_{jM} = max\{S_{jM} - X, 0\} \qquad (4.2)$$

4.3 Mendapatkan Nilai *American Call Option* di setiap titik

Pengambilan keputusan (*exercise*) *American call option* dapat dilakukan sewaktu-waktu. Agar mendapat nilai optimal harus dibandingkan antar nilai intrinsik dan nilai *option*-nya pada setiap interval waktunya (Seydel, 2002). Waktu paling awal saat nilai intrinsik sama dengan nilai *option*-nya adalah waktu yang optimal (Shreve, 1996). Nilai *American call option* berdasarkan persamaan (2.19) dengan $i = 0,1,2,\ldots,M$ dan $j = 0,1,2,\ldots,i$. Karena tidak ada harga *option* sesudah periode *M* maka harga *option* pada *i*=*M* adalah nilai intrinsiknya. Oleh karena itu, nilai *American call option* menjadi:

$$F_{ji} = \begin{cases} max\left(S_{jM} - X, 0\right) & \text{untuk} \quad i = M \\ max\{max\left(S_{ji} - X, 0\right), e^{-r\Delta t}(pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1})\} & \text{untuk} \quad i \neq M \end{cases} \qquad (4.3)$$

Proses penentuan harga *option* bergerak dengan cara mundur (*backward*) dari $i = M$ menuju $i = M - i$ hingga $i = 0$. Maka didapat nilai *option* saat $t = 0$ yaitu F_{00}.

F_{00} adalah harga *option* yang dimaksudkan (premi yang akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk membuat kontrak *option*). Karena dengan perhitungan mundur nilai *option* (F_{ji}) sudah dibandingkan dengan nilai intrinsik (V_{ji}) dari masing-masing titik, maka dapat dikatakan nilai ini adalah nilai optimal untuk jangka waktu (T).

4.5 Algoritma Harga *American Call Option*

Algoritma untuk menghitung harga *American Call Option* adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan S_0, X, r, T, M

2. Mengitung $\Delta t = \frac{T}{M}$
3. Mengitung $\beta = e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t}$
4. Menghitung $u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2}$
5. Menghitung $d = \frac{1}{u}$
6. Menghitung $p = \frac{(e^{r\Delta t} - d)}{(u-d)}$
7. Menghitung $a = e^{-r\Delta t}$
8. Menghitung harga saham pada waktu jatuh tempo, $j = 0,1,2,\dots,i$ dan $i = 0,1,2,\dots,M$ dengan rumus
$$S_{ji} = Su^j d^{i-j}$$
9. Menghitung nilai intrinsik / *payoff* dengan $j = 0,1,2,\dots,i$ dan $i = 0,1,2,\dots,M$ dengan rumus
$$V_{ji} = max\{S(j,i) - X, 0\} = max\{S_{ji} - X, 0\}$$
10. Menghitung nilai *American call option*, $j = 0,1,2,\dots,i$ dan $i = 0,1,2,\dots,M$ dengan rumus
$$F_{ji} = \begin{cases} max\left(S_{jM} - X, 0\right) & \text{untuk } i = M \\ max\{V_{ji}, e^{-r\Delta t}(pF_{j+1,i+1} + (1-p)F_{j,i+1} & \text{untuk } i \neq M \end{cases}$$

4.6 Simulasi dan Interpretasi

Simulasi untuk menghitung harga *American call option* dikenakan pada jangka waktu (T) dan interval (M). Parameter waktu yang digunakan adalah waktu bulanan dalam *range* tahunan. Data yang digunakan diperoleh dari harga penutupan saham Barnes Group Inc dari tanggal 2 Januari 2009. Barnes Grup Inc merupakan salah satu perusahaan yang diperdagangkan di bursa efek New York.

4.6.1 Mendapatkan Harga Saham

Data yang diproses dalam menentukan harga *option* adalah harga aset dasar (S_0), *strike price* (X), suku bunga (r), volatilitas (σ) dan waktu jatuh tempo (T). Data tersebut diperoleh dari data harga penutupan saham Barnes Group Inc meliputi harga saham sekarang (S_0) = \$20,27, *strike price* (X) = \$20. Waktu sampai jatuh tempo *option* (T) pada simulasi ini adalah 4 bulan, volatilitas (σ) = 0,4574, tingkat suku bunga bebas resiko (r) = 0,0469. Berdasarkan data tersebut maka diketahui

M = interval = 4
$i = 0,1,2,3,4$ dan $j = 0,1, \ldots, i$
$T = 4$ bulan $= \frac{1}{12} x\ 4 = 0,33$ tahun
$\Delta t = \frac{T}{M} = \frac{0,33}{4} = 0,0825$
$\beta = e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t} = 2,0175$
$u = \frac{\beta + \sqrt{\beta^2 - 4}}{2} = 1,1413$
$d = \frac{1}{u} = 0,8762$
$p = \frac{(e^{r\Delta t} - d)}{(u-d)} = 0,4816$

Harga saham disetiap titik menggunakan persamaan (2.6) dengan $i = 0,1,2,3,4$ dan $j = 0,1, \ldots, i$.

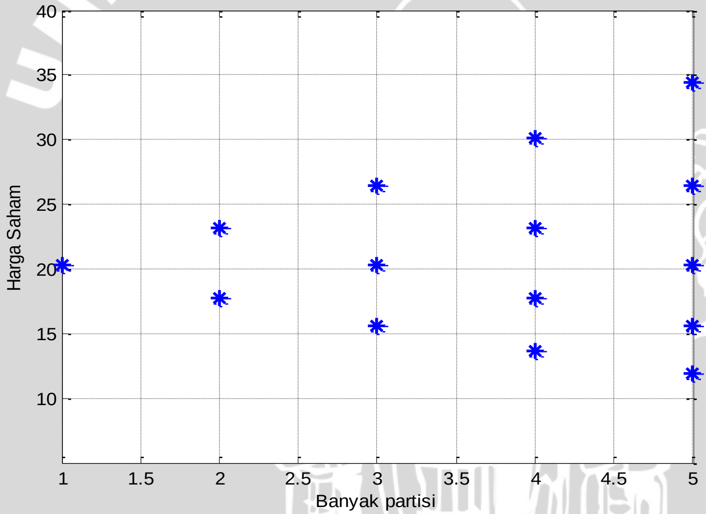
$S(0,0)$ = (S pada i ke-0 dan j ke-0) = S_0 = 20,27
$S(0,1)$ = (S pada i ke-1 dan j ke-0) = $S_0\, u^0 d^1$ = 17,7606
$S(1,1)$ = (S pada i ke-1 dan j ke-1) = $S_0\, u^1 d^0$ = 23,1342
$S(0,2)$ = (S pada i ke-2 dan j ke-0) = $S_0\, u^0 d^2$ = 15,5618
$S(1,2)$ = (S pada i ke-2 dan j ke-1) = $S_0\, u^1 d^1$ = 20,2701
$S(2,2)$ = (S pada i ke-2 dan j ke-2) = $S_0\, u^2 d^0$ = 26,403
$S(0,3)$ = (S pada i ke-3 dan j ke-0) = $S_0\, u^0 d^3$ =13,6353
$S(1,3)$ = (S pada i ke-3 dan j ke-1) = $S_0\, u^1 d^2$ = 17,7607
$S(2,3)$ = (S pada i ke-3 dan j ke-2) = $S_0\, u^2 d^1$ = 23,1343
$S(3,3)$ = (S pada i ke-3 dan j ke-3) = $S_0\, u^3 d^0$ = 30,1338
$S(0,4)$ = (S pada i ke-4 dan j ke-0) = $S_0\, u^0 d^4$ = 11,9472
$S(1,4)$ = (S pada i ke-4 dan j ke-1) = $S_0\, u^1 d^3$ = 15,5619
$S(2,4)$ = (S pada i ke-4 dan j ke-2) = $S_0\, u^2 d^2$ = 20,2703
$S(3,4)$ = (S pada i ke-4 dan j ke-3) = $S_0\, u^3 d^1$ = 26,4032
$S(4,4)$ = (S pada i ke-4 dan j ke-4) = $S_0\, u^4 d^0$ = 34,3917

Visualisasi pergerakan harga saham di tunjukan pada Tabel 4.1 yang diperoleh dari program Matlab (Lampiran) sebagai berikut.

Tabel 4.1 Harga saham pada harga penutupan saham Barnes Group Inc (dalam $)

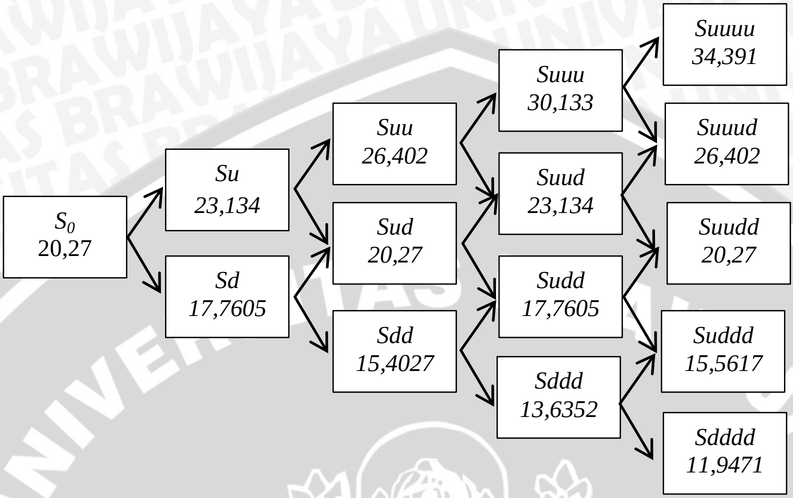
S		i = interval / periode				
		0	1	2	3	4
j	0	20,27	17,7605	15,5617	13,6352	11,9471
	1	0	23,134	20.27	17,7605	15,5617
	2	0	0	26,4027	23,134	20,27
	3	0	0	0	30,1333	26,4027
	4	0	0	0	0	34,391

Konstruksi pohon binomial harga saham *American call option* dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Hasil simulasi harga saham

Pada Gambar 4.1 titik bintang menunjukkan letak harga saham. Waktu ke-1 menunjukkan satu titik yaitu harga saham awal. Waktu ke-2 terdapat dua titik bintang dan seterusnya sampai pada waktu ke-5 terdapat 5 titik bintang. Untuk lebih jelasnya konstruksi pohon binomial harga saham *American call option* ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut



Gambar 4.2 Konstruksi pohon Binomial 4 periode dengan harga saham awal 20,27 , *strike price* 20

Gambar 4.2 menunjukkan harga saham awal bernilai 20,27. Untuk periode selanjutnya harga saham akan mengalami dua kemungkinan yaitu akan naik menjadi 23,134 dan akan turun menjadi 17,760 dan seterusnya sampai pada waktu jatuh tempo. Harga saham di semua titik tersebut selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan nilai intrinsik.

4.6.2 Mendapatkan Nilai Intrinsik

Nilai intrinsik *option* pada masing-masing titik diperoleh dengan menggunakan persamaan (4.1) dengan $i = 0,1,2,3,4$ dan $j = 0,1, \ldots, i$.

Untuk $i = 0$ dan $j = 0$ maka
$V_{00} = max\{S_{00} - X, 0\} = \{20,27 - 20\ , 0\} = 0,27$
untuk $i = 1$ dan $j = 0$ maka
$V_{01} = max\{S_{01} - X, 0\} = \{17,7606 - 20\ , 0\} = 0$
untuk $i = 1$ dan $j = 1$ maka
$V_{11} = max\{S_{11} - X, 0\} = \{23,1342 - 20, 0\} = 3,134$
untuk $i = 2$ dan $j = 0$ maka

$V_{02} = max\{S_{02} - X, 0\} = \{15{,}5618 - 20, 0\} = 0$
untuk i = 2 dan j = 1 maka
$V_{12} = max\{S_{12} - X, 0\} = \{20{,}2701 - 20, 0\} = 0{,}2701$
untuk i = 2 dan j = 2 maka
$V_{22} = max\{S_{22} - X, 0\} = \{26{,}403 - 20, 0\} = 6{,}403$
untuk i = 3 dan j = 0 maka
$V_{03} = max\{S_{03} - X, 0\} = \{13{,}6353 - 20, 0\} = 0$
untuk i = 3 dan j = 1 maka
$V_{13} = max\{S_{13} - X, 0\} = \{17{,}7607 - 20, 0\} = 0$
untuk i = 3 dan j = 2 maka
$V_{23} = max\{S_{23} - X, 0\} = \{23{,}1343 - 20, 0\} = 3{,}1343$
untuk i = 3 dan j = 3 maka
$V_{33} = max\{S_{33} - X, 0\} = \{30{,}1338 - 20, 0\} = 10{,}1338$
untuk i = 4 dan j = 0 maka
$V_{04} = max\{S_{04} - X, 0\} = \{11{,}9472 - 20, 0\} = 0$
untuk i = 4 dan j = 1 maka
$V_{14} = max\{S_{14} - X, 0\} = \{15{,}5619 - 20, 0\} = 0$
untuk i = 4 dan j = 2 maka
$V_{24} = max\{S_{24} - X, 0\} = \{20{,}2703 - 20, 0\} = 0{,}2703$
untuk i = 4 dan j = 2 maka
$V_{34} = max\{S_{34} - X, 0\} = \{26{,}4032 - 20, 0\} = 6{,}4032$
untuk i = 4 dan j = 3 maka
$V_{44} = max\{S_{44} - X, 0\} = \{34{,}3917 - 20, 0\} = 14{,}3917$

Nilai intrinsik di semua titik seperti pada Tabel 4.2 yang diperoleh dari program Matlab (Lampiran) sebagai berikut.

Tabel 4.2 Nilai intrinsik masing-masing titik (V_{ji})

V		i = interval / periode				
		0	1	2	3	4
j	0	0,27	0	0	0	0
	1	0	3,134	0,27	0	0
	2	0	0	6,4027	3,134	0,27
	3	0	0	0	10,1333	6,4027
	4	0	0	0	0	14,391

4.6.3 Mencari Nilai *Option* Masing-Masing Titik

Nilai *option* pada masing-masing titik diperoleh dari persamaan (4.3). F_{ji} merupakan harga *option* pada interval ke-i dan kenaikan ke-j.

Option di awal waktu (F_{00}) didapat dengan perhitungan mundur (*backward*). Oleh karena itu, terlebih dahulu dicari harga *option* pada akhir periode yaitu periode ke-4. Dengan menggunakan persamaan

$$F_{ji} = max\left(S_{jM} - X, 0\right)$$

$i = 4$,
$j = 0$, $F_{04} = max\ (S_{04} - X, 0) = max\left((11{,}9472 - 20), 0\right) = 0$
$j = 1$, $F_{14} = max\ (S_{14} - X, 0) = max\left((15{,}5619 - 20), 0\right) = 0$
$j = 2$, $F_{24} = \max(S_{24} - X, 0) = max\left((20{,}2703 - 20), 0\right)$
$= 0{,}2703$
$j = 3$, $F_{34} = max(S_{34} - X, 0) = max\left((26{,}4032 - 20), 0\right)$
$= 6{,}4032$
$j = 4$, $F_{44} = max(S_{44} - X, 0) = max\left((34{,}3917 - 20), 0\right)$
$= 14{,}3917$

Untuk periode $M - 1$ sampai 0, menggunakan persamaan

$$F_{ji} = max\{V_{ji}, e^{-r\Delta t}(pF_{j+1,i+1} + (1-p)F_{j,i+1})\}$$

$i = 3$
$j = 0, F_{03} = max\{V_{03}, e^{-r\Delta t}(pF_{1,4} + (1-p)F_{0,4})\}$
$= max\{0{,}0\} = 0$
$j = 1, F_{13} = max\{V_{13}, e^{-r\Delta t}(pF_{2,4} + (1-p)F_{1,4})\}$
$= max\{0; 0{,}1298\} = 0{,}1298$
$j = 2, F_{23} = max\{V_{23}, e^{-r\Delta t}(pF_{3,4} + (1-p)F_{2,4})\}$
$= max\{3{,}134; 3{,}2115\} = 3{,}2115$
$j = 3, F_{33} = max\{V_{33}, e^{-r\Delta t}(pF_{4,4} + (1-p)F_{3,4})\}$
$= max\{10{,}1338; 10{,}2109\} = 10{,}2109$

$i = 2$
$j = 0, F_{02} = max\{V_{02}, e^{-r\Delta t}(pF_{1,3} + (1-p)F_{0,3})\}$
$= max\{0; 0{,}0623\} = 0{,}0623$
$j = 1, F_{12} = max\{V_{12}, e^{-r\Delta t}(pF_{2,3} + (1-p)F_{1,3})\}$
$= max\{0{,}2701; 1{,}6077\} = 1{,}6077$
$j = 2, F_{22} = max\{V_{22}, e^{-r\Delta t}(pF_{3,3} + (1-p)F_{2,3})\}$
$= max\{6{,}403; 6{,}557\} = 6{,}557$

$i = 1$
$j = 0, F_{01} = max\{V_{01}, e^{-r\Delta t}(pF_{1,2} + (1-p)F_{0,2})\}$
$= max\{0; 0{,}8034\} = 0{,}8034$
$j = 1, F_{11} = max\{V_{11}, e^{-r\Delta t}(pF_{2,2} + (1-p)F_{1,2})\}$
$= max\{3{,}1342; 3{,}9759\} = 3{,}9759$

$i = 0$
$j = 0, F_{00} = max\{V_{00}, e^{-r\Delta t}(pF_{1,1} + (1-p)F_{0,1})\}$
$= max\{0{,}27; 2{,}3214\} = 2{,}3223$

Harga *option* disemua titik di tunjukkan pada Tabel 4.3 yang diperoleh dari program Matlab (Lampiran) sebagai berikut.

Tabel 4.3 Harga *option* di masing-masing titik $F(j,i)$ dengan $S_0 = 20{,}27$ dan $X = 20$ (dalam $)

F		i = interval / periode				
		0	1	2	3	4
j	0	2,3224	0,8034	0,0621	0	0
	1	0	3,9759	1,6076	0,1295	0
	2	0	0	6,5559	3,2113	0,27
	3	0	0	0	10,2105	6,4027
	4	0	0	0	0	14,391

Dari Tabel 4.3 didapat harga *American call option* pada waktu awal yaitu $2,3224, artinya harga premi yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pada awal waktu adalah $2,3224. Selain itu, $2,3224 merupakan besarnya premi yang wajib dibayar oleh *holder* kepada *writer*.

Berdasarkan perhitungan harga saham, nilai intrinsik, dan nilai *option* akan diberikan contoh kasus sebagai berikut: misal *holder* akan mengeksekusi *option*-nya pada indeks waktu $i = 3$ dan kenaikan harga saham $j = 0,1,2,3$. Berdasarkan Tabel 4.1 terdapat 4 kemungkinan harga saham saat $i = 3$ yaitu 30,1333; 23,134; 17,7605 dan 13,6352. Dari ke empat harga saham tersebut *holder* mempunyai hak untuk melaksanakan atau mengabaikan *option*-nya. Hak *holder* untuk melaksanakan atau mengabaikan *option*-nya akan dijelaskan pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Pengambilan keputusan pada $i = 3$ dan $j = 3,2,1,0$ dengan $X = 20$ dan premi *option* $= 2,3224$ (dalam $)

Harga saham (S)	Pengambilan keputusan
$30{,}1333$	$S > X$ *Holder* akan menjalankan *option*-nya dan akan mendapat saham bernilai $X + 2{,}3224 = 22{,}3224$
$23{,}134$	$S > X$ *Holder* akan menjalankan *option*-nya dan akan mendapat saham bernilai $X + 2{,}3224 = 22{,}3224$
$17{,}7605$	$S < X$ *Holder* akan mengabaikan *option*-nya dan lebih memilih harga saham di pasar yaitu $17,760. Tetapi, *holder* berkewajiban membayar premi sebesar $2,3224
$13{,}6352$	$S < X$ *Holder* akan mengabaikan *option*-nya dan lebih memilih harga saham di pasar yaitu $13,6352. Tetapi, *holder* berkewajiban membayar premi sebesar $2,3224

Tabel 4.4 menunjukkan *holder* akan melaksanakan *option*-nya saat $S = 30{,}1333$ dan $S = 23{,}134$. Sedangkan *holder* akan mengabaikan *option*-nya saat $S = 17{,}7605$ dan $S = 13{,}6352$. Untuk menentukan *holder* akan melaksanakan atau mengabaikan *option*-nya dapat dilihat dari harga saham (S) dan *strike price* (X). Jika $S > X$ maka *holder* akan memilih untuk melaksanakan *option*-nya. Sebaliknya, jika $S < X$ maka *holder* akan memilih untuk

mengabaikan *option*-nya dan akan membeli harga saham di pasar bebas dengan harga yang lebih murah. Sementara itu, jika harga saham sama dengan *strike price* ($S = X$) maka harga yang akan dibayar *holder* ke *writer* sama dengan harga yang akan dibayar *holder* ke pasar, Artinya *holder* boleh melaksanakan atau mengabaikan *option*-nya saat $S = X$.