PENENTUAN NILAI EKSAK DARI HARGA OPSI TIPE EROPA DENGAN MENGGUNAKAN MODEL BLACK-SCHOLES

Irwan
Dosen pada Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
Email: iwan_uin@yahoo.com atau iwan.uin@gmail.com

ABSTRACT : *This writing aims to analyze model black-scholes in the determination of the value of inexact from the price of an option type europe as well as simulasinya. The data used is information call option and put option for closing as well as the closing price (price) shares barnes group inc. The first thing is done by searching volatility stock prices to call option and put option. Based on the result analysis inexact terhadap the ordinal value from the price of call option and put option to use the model of black-scholes obtained the price of fair to call option is as much as $ 3.4940, on the circumstances of this the seller and buyer call option for achieving the break-even point. To put or libya option is as much as $ 0.0329, on the circumstances of it ' s called out of the money where a put option zero-sum and will not be executed. Next simulation model black-scholes in the determination of the value of inexact from the price call option and put option. The results of the simulation concluded that the longer time left to maturity hence the higher the price of an option.*

Key words : *Option, Model Black-Scholes, call option, put option.*

PENDAHULUAN

Produk derivatif dapat digunakan sebagai instrumen untuk mengelola risiko dan spekulasi, serta untuk mengurangi biaya transaksi atau untuk menghindari pajak. Salah satu jenis produk derivatif adalah opsi. Aset yang mendasari opsi dapat berupa saham, emas, mata uang asing, indeks saham, dan lain-lain. Opsi atau biasa juga disebut *option* merupakan suatu jenis kontrak yang memberikan hak, bukan kewajiban, kepada investor untuk membeli atau menjual suatu aset pada harga dan waktu yang telah disepakati bersama. Hak untuk membeli suatu saham dengan harga dan waktu yang telah disepakati bersama disebut *call option*. Sedangkan hak untuk menjual suatu saham dengan harga dan waktu yang telah disepakati bersama disebut *put option*.

Model *Black-Scholes* merupakan model yang digunakan untuk menentukan harga opsi yang telah banyak diterima oleh masyarakat keuangan. Penggunaan model ini terbatas karena hanya dapat digunakan pada penentuan harga opsi tipe Eropa (*European option*) yang berlaku pada waktu *expiration date* (jatuh tempo) saja. Model ini tidak berlaku untuk opsi tipe Amerika (*American option*), karena *American option* berlaku setiap saat sampai waktu *expiration date*.

Model *Black-Scholes* adalah deskripsi matematis dari pasar keuangan dan derivatif instrumen investasi. Model ini dikembangkan dengan solusi persamaan diferensial parsial. Rumus *Black-Scholes* secara luas digunakan dalam opsi Eropa. Model ini pertama kali ditemukan oleh Fisher Black dan Myron Scholes dalam makalahnya tahun 1973 "*The Princing of Option and Corporate Liabilities*". Dasar penelitian Black dan Scholes bergantung pada kerja yang dikembangkan oleh para ahli seperti Jack L. Treynor, Paul Samuelson, A. James Boness, Sheen T. Kassouf dan Edward O. Thorp. Pemahaman mendasar dari *Black-Scholes* adalah bahwa opsi merupakan harga implisit ketika saham diperdagangkan. Robert C. Merton adalah yang pertama memperluas pemahaman matematika dari model penentuan harga opsi dan menciptakan istilah-istilah model *Black-Scholes* untuk harga opsi, Merton dan Scholes menerima hadiah Nobel di bidang ekonomi pada tahun 1997 (*The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel*) atas pekerjaannya.

Ada beberapa asumsi yang dimiliki model *Black-Scholes* untuk penentuan harga opsi sebagai berikut:

a) Suku bunga bebas risiko, hal ini berarti suku bunga harga saham yang mendasari opsi tetap konstan selama periode analisis.
b) Harga mengikuti gerak *Brown Geometrik* dengan *drift* konstan dan volatilitas, dari sini diketahui bahwa keuntungan merupakan sebuah distribusi normal, kemudian harga yang mendasari merupakan distribusi log-normal. Hal ini dijelaskan dalam validitas hipotesis pasar efisien.
c) Tidak ada biaya transaksi atau pajak.
d) Saham yang mendasarinya tidak membayar dividen.
e) Tidak ada pembatasan *short selling*.
f) Tidak ada peluang arbitrasi.
g) Opsi yang digunakan adalah opsi tipe Eropa yang hanya dapat dieksekusi pada *expired date* saja.

Menurut hipotesis pasar efisien bahwa harga saham merupakan gerak *random*. Hipotesis pasar efisien ini dipengaruhi oleh dua faktor yaitu keadaan saham pada waktu lalu yang berpengaruh pada harga saham saat ini dan respon saham terhadap informasi baru tentang saham. Berdasarkan kedua asumsi ini maka dapat dikatakan bahwa perubahan harga saham mengikuti proses Markov. Jadi, model saham menyatakan bahwa prediksi harga saham yang akan datang tidak dipengaruhi oleh harga satu minggu, satu bulan atau harga saham satu tahun yang lalu. Model umum *return* dari aset dinyatakan dengan $\frac{ds}{S}$ yang dibagi dalam dua bagian. Bagian pertama adalah bagian deterministik yang dilambangkan dengan μdt. μ merupakan ukuran dari rata-rata pertumbuhan harga saham atau dikenal sebagai *drift*. μ diasumsikan sebagai tingkat obligasi bebas risiko dan merupakan fungsi dari S dan t. Bagian kedua merupakan model perubahan harga saham secara *random* yang disebabkan oleh faktor eksternal. Faktor eksternal dilambangkan dengan $\sigma\, dW_t$ Dalam rumus ini, σ didefinisikan sebagai volatilitas dari saham yang digunakan untuk mengukur standar deviasi dari *return* dan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari *S* dan *t*. W_t dalam dW_t menggambarkan gerak *Brownian*. μ dan σ dapat diestimasi menggunakan harga saham pada hari sebelumnya. Dengan demikian, diperoleh persamaan diferensial stokastik:

$$\frac{ds}{S} = \mu dt + \sigma dW_t \tag{1}$$

dengan:
μ = Nilai ekspektasi *rate of return* saham
σ = Volatilitas saham yang merupakan standar deviasi dari return
W_t = Gerak Brownian atau proses Wiener

Misalkan bahwa harga dari suatu variabel X memenuhi persamaan diferensial stokastik yaitu dx = a(x, t)dt + b(x, t)dWt, dengan a(x, t) dan b(x, t) adalah fungsi deterministik dari x dan t, dan Wt menunjukkan suatu gerak *brown* atau proses *Wiener*. Variabel X mempunyai rata-rata *drift* a dan rata-rata variansi b^2. Misalkan f adalah harga sebuah opsi yang tergantung pada x dan t yang memenuhi $dx = \mu(x,t)dt + \sigma(x,t)dWt$. F adalah fungsi kontinu yang terdiferensialkan dua kali, maka f = f(x, t) juga merupakan proses astokastik dan berlaku

$$df = (\frac{\partial f}{\partial x}\mu + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\sigma^2)dt + \frac{\partial f}{\partial x}\sigma dW_t \tag{2}$$

Selanjutnya untuk mencari persamaan diferensial *Black-Scholes* digunakan rumus *ito* untuk dx = a(x,t)dt + c(x.t)dW_t , dimana parameter a dan b adalah fungsi dari nilai variabel yang mendasari yaitu x dan t yang memenuhi persamaan berikut

$$dx = \mu(x,t)dt + \sigma(x,t)dWt$$

Kemudian berdasarkan persamaan (2) dapat ditunjukkan bahwa:

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\mu + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\sigma^2\right)dt + \frac{\partial f}{\partial x}\sigma dWt \tag{3}$$

Sebuah opsi dan kondisi saham diasumsikan mengikuti gerak Brownian dengan persamaan diferensial stokastik

$$dS = \mu S dt + \sigma S dWt$$

Misal V(S,t) adalah harga sebuah opsi yang tergantung pada saham S dan pada waktu t, maka rumus *ito* (3) diatas menjadi:

$$dV(S,t) = \left(\mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt + \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} dWt$$

Nilai portofolio π yang terdiri dari opsi V dengan perubahan saham pada jangka pendek, yaitu:

$$\pi = V - \frac{\partial V}{\partial S} S \tag{4}$$

Portofolio merupakan gabungan dari aset-aset. Pada persamaan di atas tidak terdapat dWt yang merupakan gerak random Brownian sehingga portofolio ini dikatakan tidak beresiko (*riskless*) pada waktu t. gerak Brownian menyebabkan adanya perubahan harga. Portofolio ini konstan maka portofolio akan memiliki return yang sama dengan return sekuritas bebas risiko lainnya. Jadi persamaan yang menunjukkan adanya persamaan return portofolio dengan return sekuritas bebas resiko lainnya adalah

$$d\pi = r\,\pi\,dt \tag{5}$$

sehingga diperoleh :

$$\left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2}\right)dt = r\left(V - \frac{\partial V}{\partial S} S\right)dt$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0 \tag{6}$$

Persamaan di atas merupakan persamaan diferensial *Black-Scholes* yang digunakan untuk menentukan harga opsi.

Adapun nilai atau harga opsi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C(S, T) = \text{maks}\,(S - K, 0)$$

Persamaan di atas menunjukkan harga S tidak bergerak atau S = 0, maka persamaan di atas menjadi C (0, T) = 0, namun ketika S → ~ maka semakin mungkin opsi akan dieksekusi, sehingga persamaan *Black-Scholes* untuk menghitung *call option*

$$C = S \times N(d_1) + K/(e^{rt})N(d_2) \tag{7}$$

Black-Scholes menggunakan saham tanpa dividen sebagai aset dasar. Harga saham cenderung naik, oleh karena itu peluang kenaikan harga lebih besar dibanding dengan peluang penurunan harga. Kecenderungan kenaikan harga ini membuat harga saham pada periode jatuh tempo menyebar lognormal. Pada rumus *Black-Scholes* terdapat faktor ln (S/K) pada nilai d yang menyebar normal. Ln (S/K) menyebar normal artinya S menyebar log normal. Lognormal artinya ln dari harga aset dasar menyebar normal.

N(z) adalah standar distribusi normal maka fungsi kepadatan peluangnya adalah

$$n(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} \; dengan - \infty < z < \infty \qquad (8)$$

Sehingga diperoleh persamaan

$$S\ N(d_1) = K\ e^{-rt}\ N(d_2) \qquad (9)$$

Dengan nilai:

$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S}{K}) + (r - \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}} \qquad (10)$$

Dimana diketahui nilai $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$

Misalkan V adalah distribusi log-normal dan standar deviasi dari ln V adalah w, maka maksimum ekspektasi dari selisih V dan K adalah:

$$E[maks(V - K0,0)] = E(V)N(d_1) - KN(d_2) \qquad (11)$$

Misalkan sebuah *call option* tanpa dividen yang jatuh tempo pada waktu T dengan *strike price* K, harga saham S_0, *risk rate* r, dan volatility σ. maka harga *call* C adalah

$$C = e^{-rt} E[maks(S_T - K, 0)] \qquad (12)$$

Dengan S_T adalah harga saham pada saat T dengan asumsi bahwa S_T adalah lognormal, maka $\frac{ds}{s} = \mu dt$. Apabila S tumbuh secara kontinu dari periode awal (0) hingga periode t, maka persamaan di atas dapat diintegralkan dengan batas [0, T] diperoleh $S_T = S_0 e^{\mu t}$ atau $E(S_T) = S_0 e^{rT}$ untuk μ merupakan parameter konstan yang dianggap r sebagai notasi bunga bebas resiko.

Berdasarkan hal tersebut diperoleh

$$C = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \tag{13}$$

Misalkan F adalah distribusi log-normal dan standar deviasi dari ln F adalah x. maka nilai ekspektasi dari selisih F dengan K adalah

$$E[maks(K - F,0)] = KN(-d_2) - E(F)N(-d_1) \tag{14}$$

Misalkan sebuah *put option* tanpa dividen yang jatuh tempo pada waktu T dengan *strike price* K, harga saham S_0, *risk rate* r, dan volatility σ . maka harga *put* P adalah

$$P = e^{-rt} E[maks(K - S_T, 0)] \tag{15}$$

Dengan S_T adalah harga saham pada saat T dengan asumsi bahwa S_T adalah lognormal, maka dapat pula dituliskan

$$E(S_T) = S_0 e^{rT}$$

Sehingga diperoleh

$$P = Ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \tag{16}$$

Untuk mengestimasi σ secara empiris, harga saham diamati dalam interval waktu yang tetap, misalnya setiap hari, setiap minggu atau bulan.

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right) = \ln S_i - \ln S_{i-1} \quad \text{untuk i = 1, 2, …, n.}$$

Dimana $\bar{u}$ adalah mean dari u_i, standar deviasi dari u_i adalah $\sigma\sqrt{\tau}$, dengan kata lain s dapat mengestimasi $\sigma\sqrt{\tau}$. kemudian volatilitas σ itu sendiri dapat diestimasi oleh $\hat{\sigma}$ dengan

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \text{ , dimana } \tau = \frac{1}{T} \tag{17}$$

PEMBAHASAN

Pada tulisan ini menggunakan interval waktu perhari dan analisis data menggunakan *software* Minitab. Berikut merupakan data harga penutupan (*closing price*) saham Barnes Group Inc berdasarkan *historical price* (Lampiran I), untuk *call option* mulai dari tanggal 26 April 2011 sampai masa *expired date* yaitu 17 Juni 2011, sedangkan untuk *put option* mulai dari tanggal 27 Desember 2010 sampai 17 Juni 2011 yang diperoleh dari http://www.finance.yahoo.com.\. Lihat Lampiran 1.

Berdasarkan data Tabel 1, maka untuk mengetahui volatilias harga saham pada *call option*, diketahui jumlah pengamatan (n) adalah 38, maka S_i

menggunakan interval i = 1 – 38. S_i merupakan harga saham pada waktu ke-i, estimasi standar deviasi s dapat dihitung, setelah nilai u_i diketahui maka nilai s dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^2}$$

S = 0,0195932

dengan nilai $\hat{\sigma} = 0{,}120781$ atau nilai dari volatilitas harga saham untuk *call option* adalah sebesar 12,07%

Berdasarkan data Tabel 2, maka untuk mengetahui volatilias harga saham pada *put option*, diketahui jumlah pengamatan (n) adalah 121, maka S_i menggunakan interval i = 1 – 121. S_i merupakan harga saham pada waktu ke-i, estimasi standar deviasi s dapat dihitung, setelah nilai u_i diketahui maka nilai s dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^2}$$

S= 0,0170443

dengan volatilitas varian sebesar σ = 0,187488 atau nilai volatilitas harga saham untuk put option 18,7%

Selanjutnya dengan data sekunder Barnes Group Inc . Berikut ini secara manual untuk menentukan nilai eksak dari harga *call option* dan *put option* tipe Eropa dengan menggunakan model *Black-Scholes*.

Analisis penilaian *call option*.

Berdasarkan informasi opsi (B110618C00020000) saham Barnes Group Inc (Lampiran IV), yang diperdagangkan pada 26 April 2011 dan jatuh tempo (*expired date*) pada 17 Juni 2011, maka nilai t yaitu 0,1038 atau 0,1 (dengan mengambil 1 tahun = 366 hari) diperoleh harga penyerahan (*strike*) sebesar \$20, harga saham pada awal perdagangan yaitu pada 26 April 2011 sebesar \$23.49, tingkat bunga bebas risiko yaitu sebesar 0.25% (Lampiran II), dan volatilitas harga saham sebesar 0.120781 atau 12.07% Maka harga *call option* dapat dihitung sebagai berikut :

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$= \frac{\ln\left(\frac{23,49}{20}\right) + \left(0,0025 + \frac{(0,12)^2}{2}\right)0,1}{0,12\sqrt{0,1}}$$

$$= 4,1681$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$
$$= 4,1681 - 0,0379$$
$$= 4,1302$$

Berdasarkan nilai d_1 dan d_2 maka dapat diperoleh nilai N(d1) dan N(d2) yang digunakan untuk mencari nilai *call option* berdasarkan persamaan:

$$C = S_0 N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)$$
$$= (23,49) N(4,1681) - 20\left(2,7183\right)^{-(0,0025x0,1)} N(4,1302)$$
$$= (23,49x1) - 20\left(2,7183\right)^{-(0,00041675)} (1)$$
$$= 23,49 - (20x0,9998)$$
$$= 23,49 - 19,9950$$
$$= \$3,4940$$

Setelah dihitung berdasarkan model *Black-Scholes* dapat dilihat bahwa nilai eksak dari harga *call option* tersebut yaitu $3,4940 dan sekaligus merupakan nilai yang *fair* untuk opsi tersebut.

Berdasarkan *historical price* dapat dilihat bahwa harga saham pada akhir kontrak (*expired date*) lebih besar daripada harga penyerahan (*strike*) ini berarti S > K. Pada kondisi ini sangat memungkinkan bagi investor untuk mempergunakan haknya maka investor akan untung sebesar selisih harga saham (S) dengan harga penyerahan yaitu $23,16 - $20 = $3,16. Tetapi apabila pihak pertama dalam hal ini penjual opsi memperjualkan *call option* sebesar $3,4979 (berdasarkan model *Black-Scholes*) maka dalam situasi ini penjual dan pembeli *call option* tersebut mencapai titik impas yaitu tidak ada yang dirugikan. Namun apabila investor tidak menggunakan haknya maka investor hanya akan rugi sebesar harga premi yaitu sebesar $3,4940.

Analisis penilaian *put option*

Berdasarkan informasi *put option* (B110618P00017500) saham Barnes Group Inc (Lampiran III), yang diperdagangkan pada 27 Desember 2010 dan jatuh tempo (*expired date*) pada 17 juni 2011, maka nilai dari t yaitu 0,33 (dimana 1 tahun = 366) diperoleh harga penyerahan (*strike*) sebesar $17,5, harga saham pada awal perdagangan yaitu pada 27 Desember 2010 sebesar $21,11, tingkat bunga bebas risiko yaitu sebesar 0.25%, dan volatilitas harga saham sebesar 0,187488 atau 18,75%. Maka harga *put option* dapat dihitung sebagai berikut :

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$= \frac{\ln\left(\frac{21,11}{17,5}\right) + \left(0,0025 + \frac{(0,187)^2}{2}\right)0,33}{0,187\sqrt{0,33}}$$

$= 1,8082$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{0,33}$$
$$= 1,8082 - 0,1074$$
$$= 1,7008$$

Berdasarkan nilai d_1 dan d_2 dapat dihitung nilai dari $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ untuk menghitung nilai dari *put option* berdasarkan persamaan:

$$P = Ke^{-rt}N(-d_2) - S_0N(d_1)$$
$$= (17,5)x(2,7183)^{-(0,000825)}N(-1,7008) - (21,11)N(-1,8082)$$
$$= (17,5)x(0,9992)x(0,0445) - (21,11)x(0,0353)$$
$$= (0,7787x0,9992) - 0,7452$$
$$= 0,7781 - 0,7452$$
$$= \$0,0329$$

Setelah dihitung berdasarkan model *Black-Scholes* dapat dilihat bahwa nilai eksak untuk *put option* tipe Eropa tersebut yaitu \$0,0329 yang sekaligus merupakan nilai yang *fair* untuk opsi *put* tersebut.

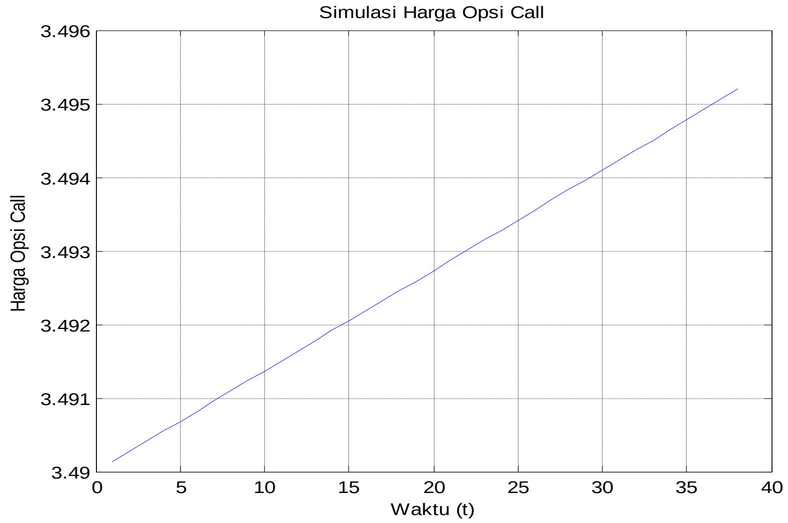
Berdasarkan *historical price* dapat dilihat bahwa harga *strike* lebih rendah daripada harga saham pada tanggal 27 Desember 2010 yaitu pada saat dimulainya kontrak (S_0) sebesar \$21,11. Ini berarti nilai *put option* juga rendah yaitu hanya sebesar \$0,0329. Juga dapat dilihat pada saat *expired date* yaitu tanggal 17 Juni 2011 harga saham sebesar \$23,16 lebih besar daripada harga *strike* yaitu sebesar \$17,5, maka *put option* bernilai nol. Keadaan ini dinamakan *out of the Money*. Investor otomatis tidak akan mempergunakan haknya, karena *put option* bernilai nol maka investor akan rugi sebesar harga premi yaitu sebesar \$0,0329.

Simulasi Model Black-Scholes

Untuk menentukan simulasi model *Black-Scholes* dalam menentukan nilai eksak dari harga *call option dan put option* tipe Eropa digunakan software Matlab R2009a, dan hasilnya adalah sebagai berikut :

European call option

Call option (B110618C00020000) saham Barnes Group Inc dengan *strike price* senilai \$20, harga saham awal yaitu senilai \$23,49, tingkat bunga bebas risiko 0,25% dan volatilitas harga saham sebesar 12,07% diperdagangkan dalam waktu 38 hari, maka harga *call option* dapat dihitung dengan menggunakan *software* Matlab sebagai berikut:

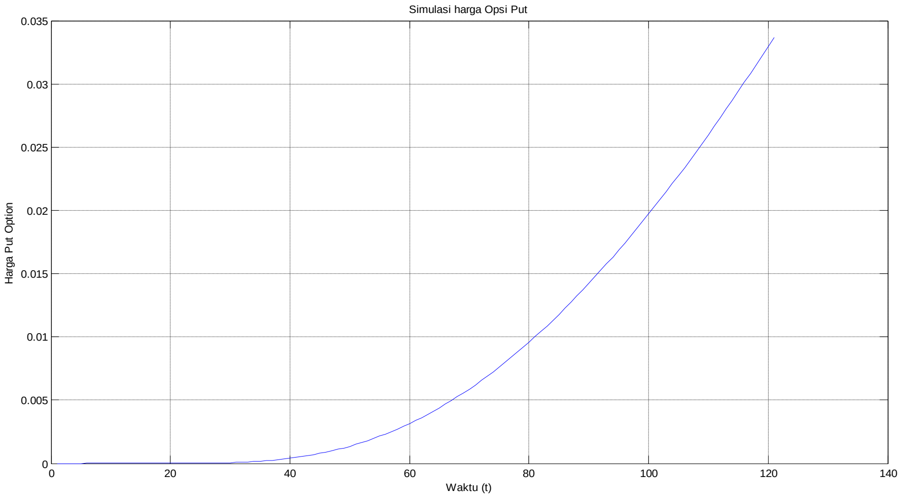


Gambar 1. Simulasi Harga *Call Option*

Setelah dihitung menggunakan *software* Matlab, diperoleh nilai N(d1) = 0,99998 dan N(d2) = 0,99998 dan harga *call option* sebesar \$3,4952. Pada Gambar 1 dapat dilihat arah pergerakan harga *call option* semakin hari semakin tinggi, hal ini menunjukkan semakin lama waktu yang tersisa hingga jatuh tempo maka semakin tinggi nilai *call option*, ini berarti faktor waktu (t) sangat memengaruhi nilai *call option*.

European put option

Put option (B110618P00017500) saham Barnes Group Inc dengan *strike price* senilai \$217,5, harga saham awal yaitu senilai \$21,11, tingkat bunga bebas risiko 0,25% dan volatilitas harga saham sebesar 18,75% diperdagangkan dalam waktu 121 hari, maka harga *put option* dapat dicari dengan menggunakan *software* Matlab sebagai berikut:



Gambar 2 Simulasi Harga *Put Option*

Setelah perhitungan menggunakan *software* matlab diperoleh nilai N(d1) = 0,035836 dan N(d2) = 0,045191 kemudian nilai *put option* sebesar $0,033689. Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa semakin lama waktu yang tersisa hingga jatuh tempo maka semakin tinggi harga *put option*.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penjualan *call option* hanya akan memberikan keuntungan maksimum sebesar harga premi dan kerugian maksimum tidak terbatas tergantung dari kenaikan harga saham yang terjadi di pasar, meskipun demikian kerugian itu dapat diminimalisasi dengan perhitungan model *Black-scholes* untuk menganalisis nilai *fair* dari harga *call option* tersebut, sehingga nilai yang keluar akan sebanding dengan selisih harga saham pada saat *expired date* dengan harga *strike*nya.

Pada grafik simulasi harga *call option* dapat dilihat bahwa semakin lama waktu yang tersisa hingga jatuh tempo maka semakin tinggi nilai dari harga *call option*, ini menunjukkan bahwa faktor waktu (t) sangat mempengaruhi nilai dari *call option*. Begitupun untuk grafik simulasi harga *put option*, dapat dilihat faktor waktu (t) sangat mempengaruhi nilai dari harga *put option*.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis model *Black-Scholes* untuk menentukan nilai eksak dari harga opsi tipe Eropa adalah sebagai berikut :
   a. Nilai eksak harga *call option* saham Barnes Group Inc sebesar $3,4940, nilai ini menunjukkan bahwa penjual dan pembeli opsi berada pada titik impas.
   b. Nilai eksak harga *put option* saham Barnes Group Inc sebesar $0,0329, nilai ini menunjukkan bahwa opsi tersebut dalam keadaan *Out of the Money* dimana *put option* bernilai nol dan tidak akan dieksekusi.

2. Simulasi model *Black-Scholes* dalam menentukan harga *call option* dan *put option* adalah sebagai berikut:

Hasil simulasi model *Black-Scholes* dalam menentukan harga *call option* dan *put option* diperoleh bahwa semakin lama waktu yang tersisa hingga jatuh tempo maka akan semakin tinggi harga opsi baik untuk *call option* maupun *put option*.

DAFTAR RUJUKAN

Anoraga, Pandji, *Pengantar Pasar Modal* . Cet. III; Jakarta : Rineka Cipta, 2008.

Anita Rahman, "*Model Black-Scholes Put-Call Parity tipe Eropa dengan Pembagian Dividen"* http://p4mrihunismuh.files.wordpress.com/2008/08/model-black-scholes-putcall-parity.pdf) , diakses tanggal 28 september 2010.

Arif Tiro, Muhammad, *Pengantar Teori Peluang* , Makassar: Andira Publisher, 2008.

"Black-Scholes." Wikipedia The Free Encyclopedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Black-scholes (dia akses tanggal10 November 2010).

Budiantara, I Nyoman, *Buku Ajar Matematika Statistika II* , Surabaya: ITS, 2004.

Gita Andriani, *Penentuan Hedge Ratio Untuk Opsi Call dan Opsi Put Tipe Eropa dengan Menggunakan Model Black-Scholes* (http://en.wikipedia.org/wiki/Chicago_Board_OPtion_Exchange.pdf), diakses tanggal 12 Oktober 2010.

Hadi Ismail, "*Implementasi Simulasi Monte Carlo dalam Aproksimasi Nilai Opsi Put Amerika*" www.lontar.ui.ac.id/file?file=digital/...**Implementasi**%20metode-monte-carlo.c, *diakses tanggal 26 Juni 2011.*

Halim, Abdul, *Analisis Investasi* . Cet. I; Jakarta : Salemba Empat, 2005.

Hull, J. C., *Option, Futures, and Other Derivatives*, Edisi IV; New Jersey: Prentice-Hall,2000.

-------, *Option, Futures, and Other Derivatives*. University of Toronto, USA: PEARSON Prentice Hall, 2006.

Husnan, Suad, *Dasar-Dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*, Cet. I; Yogyakarta : AMP YKPN, 1994.

J. Higham, Desmon, *An Introduction to Financial Option Valuation*, Cet. I; New York: Cambridge University Press, 2004.

Ruey, S. T., *Analysis of Financial Time Series*, USA: John Wiley and Sons, 2002.

Rully Charitas Indra Prahmana, *Penentuan Harga Opsi Untuk Model Black-Scholes Menggunakan Metode Beda Hingga Crank-Nicolson* (http://p4mrihunismuh.files.wordpress.com/2008/08/penentuan-harga-opsi-tipe-eropa.pdf), diakses tanggal 5 oktober 2010.

Suhartono, *Portofolio Investasi dan Bursa Efek.* Cet. I; Yogyakarta: UPP STIM YKPN, 2008.

Suparmun, Haryo, *Option Strategies*, Jakarta: Cisera Publishing, 2006

Sharpe, William F, Gordon J. Alexander, dan Jeffery V. Bailey. *Investaisi*. Edisi VI; Jakarta: PT. Indeks Kelompok Gramedia, 2005.

Siahaan, Hinsa. *Instrumen Derivatif*. Jakarta: PT. Alex Media Komputindo, 2008

Tandelin , Eduardus, *Portofolio dan Investasi*, Yogyakarta: Kansius, 2010.

Walpole, Ronald E. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*, Bandung: ITB, 1995

Wilmott, P., *Paul Wilmott Introduces Quantitative Financ*, New York: John Wiley & Sons,2001.