# OPTIMALISASI WAKTU INVESTASI DENGAN MODEL OPSI REAL
## "(Studi kasus: Saham General Electric Company)"

Irwan

*Jurusan Matematika,*
*Fakultas Sains dan Teknologi, UINAM*
*iwan.uin@gmail.com*

Info:

Jurnal MSA Vol. 2 No. 2
Edisi: Juli – Desember 2014
Artikel No.: 2
Halaman: 7 - 13
ISSN: 2355-083X
Prodi Matematika UINAM

**ABSTRAK**

Opsi real merupakan suatu opsi yang memiliki fleksibilitas manajerial. Karena kefleksibelannya itu, maka opsi real dapat digunakan oleh investor untuk melakukan valuasi terhadap suatu proyek, sehingga investor dapat mengambil keputusan yang tepat untuk melanjutkan, menunda, ataupun menghentikan pembiayaan terhadap suatu proyek. Jenis opsi real yang digunakan untuk penentuan waktu optimal adalah metode Black Scholes. Untuk menentukan waktu yang optimal dalam berinvestasi dengan menggunakan opsi real dilakukan dengan menggunakan data harga saham . Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga saham General Electric Company mulai tanggal 19 April 2012 sampai tanggal 19 Oktober 2012. Parameter yang digunakan adalah volatilitas harga saham, tingkat suku bunga, dan *strike price* diasumsikan konstan, sedangkan $S_o$ dan waktu jatuh tempo bervariasi sesuai dengan data yang ada. Perhitungan nilai opsi real dilakukan dengan cara meng*input* semua data yang diperoleh ke dalam model Black-Scholes. Selanjutnya adalah mensimulasikan hasil perhitungan menggunakan program Matlab dan menganalisis *output*nya. Berdasarkan hasil simulasi model *real option*, maka dapat diketahui bahwa waktu optimum untuk melakukan investasi opsi pada saham General Electric Company yaitu berada pada hari ke-120 dari 130 hari yang ada dimana opsinya diperkirakan akan bernilai $.8.4032. Diperoleh hubungan yang berbeda-beda antara setiap parameter Black Scholes.

*Kata Kunci: Black Scholes, Opsi real, volatilitas, waktu optimal*

## 1. PENDAHULUAN

Opsi merupakan suatu istilah yang dikenal dalam pasar modal. Opsi adalah suatu produk derivatif yang nilainya diturunkan dari aset dasar (*underlying asset).* Opsi didefinisikan sebagai kontrak antara penjual (*writer*) dan pembeli atau penerbit (*holder*), dimana pihak penjual memberi hak kepada pembeli (bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual suatu aset di kemudian hari dengan harga yang disepakati saat ini. Pembeli opsi membayar sejumlah uang kepada penerbit opsi sebagai harga atau premi opsi [Hinsa,2006]. Secara umum, opsi hanya dikaitkan dengan penilaian atas aset keuangan seperti saham. Selain saham, terdapat aset lain yang memerlukan penilaian atas peluang investasinya, salah satunya adalah penilaian atas aset real seperti taanah, bangunan, pertambangan, dan lain sebagianya.

Umumnya investasi mempunyai nilai waktu, artinya investasi yang kita lakukan, nilainya dapat berubah seiring waktu. Akibatnya pilihan jenis investasi dan pilihan waktu investasi sangat menentukan keberhasilan ataupun kegagalan dalam berinvestasi. Kegagalan dalam investasi biasanya disebabkan karena ketidakcermatan investor dalam penilaian risiko atas investasi yang dilakukan, kegagalan dalam investasi dapat berupa kerugian atau kegagalan dalam memperoleh keuntungan yang optimal. Selain itu, kegagalan investasi dapat disebabkan oleh kekurangcermatan dalam menentukan waktu (*timing*) investasi.

Seringkali terdapat pilihan dalam berinvestasi, dimana tiap pilihan mempunyai peluang yang berbeda, Penilaian terhadap suatu proyek dalam investasi aset real, dapat menggunakan metode *discounted cash flow* (DCF) atau metode *net present value* (NPV). Hanya saja kedua metode ini tidak dapat digunakan untuk menilai suatu proyek yang mempertimbangkan fleksibilitas manajerial. Fleksibilitas manajerial ialah kemampuan untuk melakukan penilaian selama proyek berlangsung, misalnya menunda proyek untuk sementara waktu, menunda investasi untuk sementara waktu, atau melanjutkan proyek setelah dihentikan. Untuk itu digunakan opsi real yang mempunyai fleksibilitas manajerial. salah metode opsi real adalah dengan menggunakan model bentuk tertutup seperti model Black Scholes.

## 1. Tinjauan Pustaka

### Model Harga Opsi Black-Scholes

Berdasarkan jenisnya opsi terbagi dua macam yaitu: pertama Opsi beli (*call option*) yaitu opsi yang memberi hak kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah tertentu saham suatu perusahan tertentu dari penerbit opsi pada harga tertentu, setiap waktu sampai tanggal tertentu dengan nilai payoff

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

dengan $C$ adalah nilai opsi($S$) harga saham dan ($K$). adalah *strike price* nilai opsi tersebut akan bernilai nol jika *strike price* lebih tinggi dari harga saham. Jenis opsi yang kedua adalah Opsi jual (*put option*) yaitu opsi yang memberi hak kepada pemegangnya untuk menjual sejumlah tertentu saham suatu perusahan tertentu dari penerbit opsi pada harga tertentu, setiap waktu sampai tanggal tertentu (tanggal jatuh tempo). Opsi jual dinotasikan dengan $P$, harga opsi jual merupakan pengurangan antara *strike price* ($K$) dengan harga saham ($S$). Bentuk persamaan matematis nilai intrinsik opsi jual dapat dinyatakan dengan:

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

Persamaan tersebut menunjukkan opsi jual akan bernilai nol jika *strike price* lebih tinggi dari harga saham.

Model Black Scholes diturunkan dengan mempertimbangkan asumsi-asumsi berikut [Hull, 2005]:

1. Harga dari aset dasar mengikuti proses Wiener.
2. Tidak ada biaya transaksi dan pajak.
3. Tidak ada pembayaran *deviden* selama opsi berlaku.
4. Tidak terdapat peluang *arbitrage.*
5. Perdagangan dari *asset* yang mendasari bersifat kontinu.
6. *Short selling* dimungkinkan.
7. Suku bunga bebas risiko $r$ adalah konstan untuk semua waktu jatuh tempo.

Untuk memodelkan persamaan Black Scholes, didefinisikan atau ditentukan beberapa istilah, yaitu:

***Definisi 1. (Proses Stokastik).*** *Suatu proses dimana* $\boldsymbol{X} = \{\boldsymbol{X_t}, \boldsymbol{t} \in \boldsymbol{T}\}$ *adalah sebuah kumpulan variabel random. Sering diinterpretasikan bahwa T adalah himpunan dari nilai dimana* $\boldsymbol{X_t}$ *dapat diambil untuk setiap t, maka T disebut ruang keadaan dari proses stokastik* $\{\boldsymbol{X_t},\ t \geq \boldsymbol{0}\}$*. Misalnya sistem ini diobservasi pada waktu t = 1, 2,,3,..... maka* $\boldsymbol{X_t}$ *adalah keadaan dari sistem pada waktu t. Barisan dari variabel random* $\{\boldsymbol{X_0}, \boldsymbol{X_1}, \boldsymbol{X_2}, \boldsymbol{X_{3,\ldots\ldots}}\}$ *disebut proses stokastik [Howard, 1998]***.**

***Definisi 2. (Proses Wiener Umum).*** *Proses Wiener adalah gerak Brown dengan rataan* $\mathbf{0}$ *dan variansi* $\mathbf{1}$*. Proses Wiener umum untuk suatu peubah acak* $\boldsymbol{X}$ *dapat dinyatakan sebagai berikut:*

$$dX(t) = a\,dt + b\,dW(t) \qquad (1)$$

$adt$ *sebagai komponen deterministik dan* $b\,dW(t)$ *sebagai komponen stokastik, dimana* $W(t)$ *adalah proses Wiener, sedangkan* $a$ *dan* $b$ *menyatakan rataan dan standar deviasi dari X [Hull,2005].*

***Definisi 3. (Gerak Brown).*** *Gerak Brown geometrik atau lebih dikenal dengan GBM (geometric brownian motion) merupakan persamaan differensial stokastik (Stochastic Differential Equations) [Wilmot, 2001]:*

$$dX(t) = \mu X(t)dt + \sigma X(t)dW \qquad (2)$$

***Definisi 4. (Proses Ito').*** *Proses Ito' adalah proses Wiener umum dengan* $\boldsymbol{a\ dan\ b}$ *menyatakan suatu fungsi dari peubah acak* $\boldsymbol{X}$ *dan waktu t. Proses Ito' dapat dinyatakan sebagai berikut [Hull, 2005]:*

$$\boldsymbol{dX(t) = a(X(t), t)dt + b(X(t), t)dW(t)} \quad (\mathbf{3})$$

Misalkan $X$ memenuhi persamaan (3) dan fungsi $G = f(X, t)$ dengan $G$ adalah fungsi dari $X$ dan $t$, serta turunan $f_t(X, t)$, $f_x(X, t)$, $f_{xx}(X, t)$ kontinyu, maka berlaku:

$$dG = \left(f_t + af_x + \frac{1}{2}f_{xx}b^2\right)dt + f_x b\ dW, \qquad (4)$$

$dW$ adalah proses Wiener sedangkan $G$ mengikuti proses Ito

***Definisi 5. (Risiko netral).*** *Dalam pasar umum dianggap sebagai risiko netral jika suatu aset S pada periode t, nilai aset V(S, 0) pada t = 0 merupakan nilai harapan dari aset pada waktu t, yang diskon pada nilai sekarang (present value) dengan menggunakan bunga bebas risiko dengan persamaan:*

$$V(S,0)=e^{-rT}E[V(S,t)], \qquad (5)$$

dimana *r* adalah tingkat bunga bebas risiko *continue* dan *V*(*S*, *t*) adalah variabel acak yang dihasilkan oleh nilai aset pada waktu *t* [Nostrat, 1999].

***Definisi 6 (Model Harga Saham).*** *Misalkan* $\boldsymbol{S}$ *harga saham pada waktu* $\boldsymbol{t}$ *sedangkan* $\boldsymbol{\mu\ dan\ \sigma}$ *keduanya adalah parameter yang masing-masing menyatakan tingkat rata-rata pertumbuhan harga saham dan volatilitas harga saham, maka model dari perubahan harga saham, yaitu [Hull,2005]:*

$$dS = \mu S\ dt + \sigma S\ dW(t) \qquad (6)$$

Persamaan (6) dikenal sebagai persamaan diffirensial stokastik.

solusi dari persamaan (6) adalah

$$S_t = s_0\ exp\left[(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma\, W(t)\right] \qquad (7)$$

Dengan t menyatakan waktu. $\mu$ adalah tingkat suku bunga dan $\sigma$ adalah volatilitas yang merupakan ukuran naik turunnya harga saham S, dengan $S_t$ adalah nilai dari aset awal $S_0$ yang diinvestasikan selama *t* dengan bunga bebas risiko $\mu$. Nilai suku bunga bebas risiko $\mu$ biasa pula dinotasikan dengan *r*.

Pada persamaan (6), dapat diterapkan definisi 5 untuk suatu fungsi $V(t, S)$, yaitu nilai opsi dengan harga saham $S$ pada waktu $t$, berdasarkan persamaan (4) sehingga diperoleh:

$$dV = \left(\mu S\frac{\partial V}{\partial S} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2\frac{\partial^2 V}{\partial S^2}\right)dt + \sigma S\frac{\partial V}{\partial S}dW(t) \qquad (8)$$

Selanjutnya untuk menghilangkan proses Wiener, dipilih sebuah portofolio $\pi$ yang diinvestasikan pada saham dan derivative sebagai berikut

$$\pi = V - \frac{\partial V}{\partial S}S. \qquad (9)$$

Perubahan portofolio pada selang waktu $t$ didefinisikan sebagai:

$$d\pi = dV - \frac{\partial V}{\partial S}dS. \qquad (10)$$

Selanjutnya substitusikan persamaan (6) dan (8) ke dalam persamaan (10) sehingga diperoleh:

$$d\pi = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2\frac{\partial^2 V}{\partial S^2}\right)dt \qquad (11)$$

karena diasumsikan tak ada arbitrase, maka persamaan 11 dapat diubah menjadi

$$\left(rV - \frac{\partial V}{\partial t}rS\right)dt = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2\frac{\partial^2 V}{\partial S^2}\right)dt \qquad (12)$$

Jika kedua ruas pada persamaan (12) diintegralkan terhadap waktu *t* kemudian hasilnya ditulis dalam bentuk implisit, maka diperoleh

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS\frac{\partial V}{\partial S} + \frac{\partial V}{\partial t} - rV = 0. \qquad (13)$$

Persamaan (13) ini dikenal sebagai persamaan Black Scholes yang merupakan persamaan differensial parsial (*Parsial Diffrential Equation* ).

**Solusi Persamaan Black Scholes**

Pada bagian ini akan ditentukan solusi analitik dari persaamaan Black Scholes yang selanjutnya akan digunakan sebagai model opsi real. Salah satu cara untuk menentukan solusi analitik persamaan Black Scholes adalah dengan menggunakan pendekatan penilaian risiko netral. Untuk sebuah opsi *call* Eropa, nilai harapan *payoff* dari opsi *call* pada saat jatuh tempo adalah [Halim,2005]:

$$\mathrm{E}[\max(S_T - K, 0)] = \int_K^\infty (S_T - K) g(S_T) dS_T. \qquad (14)$$

dengan $g(S_T)$ adalah fungsi kepekatan peluang dari suatu komuditas, setelah waktu *t*. Selanjutnya misalkan *G* adalah fungsi lognormal dari nilai komoditas *S*, yaitu $G = \ln S$. Selanjutnya dengan menerapkan proses ito' diperoleh:

$$\partial G = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right) dt + \sigma dw \qquad (15)$$

nilai *G* seperti pada persamaan (15) merupakan nilai dari perbandingan antara besarnya investasi di akhir periode dan awal priode dengan

$$\ln S_T \sim N\left(\ln S_0 + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) T, \sigma\sqrt{T}\right) \qquad (16)$$

Selanjutnya didefinisikan sebuah peubah *P* yaitu:

$$P = \frac{\ln S_T - \mathrm{n}}{\sigma\sqrt{T}}. \qquad (17)$$

Dengan

$$n = \ln S_0 + \left(\mathrm{r} - \frac{1}{2}\sigma^2\right) T \qquad (18)$$

Persamaan (18) dapat dinyatakan sebagai

$$S_T = e^{P\sigma\sqrt{T}+n}. \qquad (19)$$

persamaan (19) dapat ditulis sebagai

$$P = \frac{1}{\sigma\sqrt{T}}(\ln \mathrm{S_T} - \ln \mathrm{S_0}) - \frac{1}{\sigma\sqrt{T}}\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) T,$$

Fungsi kepekatan peluang dari *P* dinyatakan dengan $h(P)$, yaitu:

$$h(P) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-P^2/2}. \qquad (20)$$

Jika $S_T = K$, maka $\mathrm{K} = \mathrm{e}^{\mathrm{P}\sigma\sqrt{\mathrm{T}}+\mathrm{n}}$ , sehingga

$$P = \frac{\ln K - \mathrm{n}}{s} \qquad (21)$$

dengan $s = \sigma\sqrt{T}$

sehingga persamaan (14) diperoleh solusi

$$\hat{E}[\max(S_T - K, 0)] = S_0 e^{rT} N(d_1) - KN(d_2) \qquad (22)$$

dimana

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

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

$N(x)$ menyatakan notasi dari fungsi distribusi normal baku kumulatif

**Model Opsi Real**

Damodaran (1994) mengembangkan *option* umtuk menghitung equity, nilai dari perusahaanyang bergerak dibidang sumber daya alam, dan nilai perusahaan yang memilikihak paten seperti perusahaan farmasi, sehinggga model ini lebih dikenal dengan *real option* [Hakiman,2005]. Dasar pemikirannya adalah *equity* dilihat sebagai *call option* atas perusahaan, ini sejalan dengan model dasar dari Black Scholes.

Jika biaya tetap lebih tinggi dari nilai komoditas maka tidak ada lagi biaya variabel tambahan untuk diinvestasikan pada komoditas ini. Secara matematis kondisi awal untuk nilai cadangan yang belum diinvestasikan adalah

$$C = e^{-rT}[\max(S-K),0] \tag{23}$$

Sedangkan model opsi real dari proyek tersebut adalah

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \tag{24}$$

dimana,

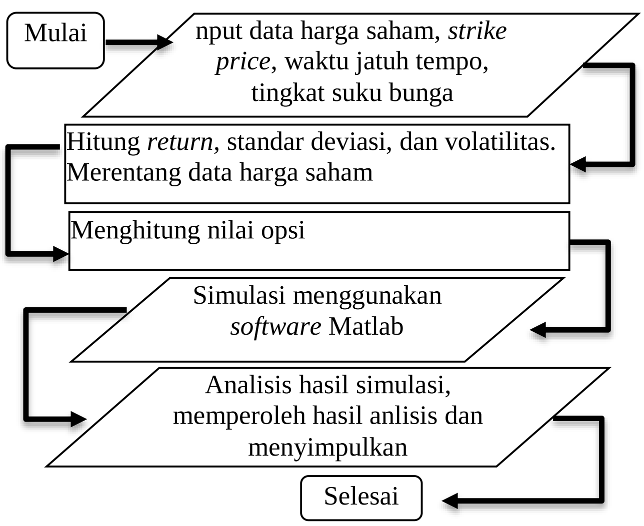
$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right)+\left(r+\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

dengan $C$ adalah biaya cadangan yang belum diinvestasikan, $S$ merupakan nilai komoditas dengan biaya tetap K selama T sedangkan volatilitas dan suku bunga bebas resikonya masing-masing adalah $\sigma$ dan $r$.

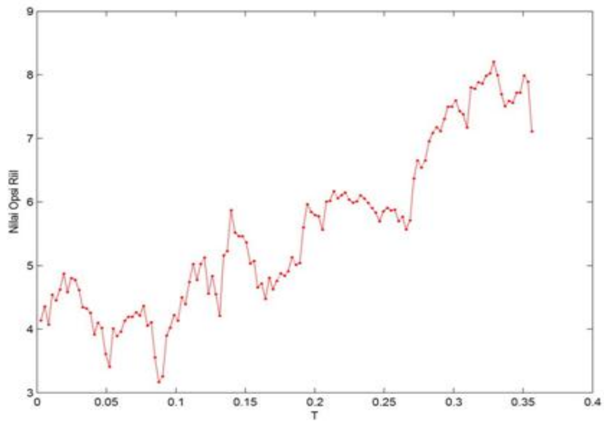
## 2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersifat kuantitatif mengenai indeks harga saham penutupan harian (*closing price*), *strike price*, waktu jatuh tempo dan tingkat suku bunga. Adapun sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari studi literatur *online* yang didapat dari situs http://finance.yahoo.com yang berisi informasi tentang *strike price*, waktu jatuh tempo, dan harga saham General Electric Company mulai tanggal 19 April 2012 sampai dengan tanggal 19 Oktober 2012 dan tingkat suku bunga diperoleh dari situs: http://www.bi.go.id/.




## 3. PEMBAHASAN

Data harga saham yang yang dijadikan sebagai objek dalam penelitian ini adalah data harga saham harian General Electric Company yang diperdagangkan pada tanggal 19 April 2012 sampai tanggal 19 Oktober 2012. Berdasarkan informasi opsi (GE121117C00015000) saham General Electric Company yang diperdagangkan pada tanggal 19 April 2012 sampai tanggal 19 Oktober 2012 diperoleh nilai parameter $K, \sigma$ dan $r$, masing-masing parameter $K$ = \$15, $\sigma$ = 0.1395, dan $r$ = 0.0157 diasumsikan konstan, adapun nilai $S_0$ dan $T$ dapat dilihat dari grafik berikut




**Gambar 2**. Grafik optimalisasi waktu investasi

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar simulasi *real option*, dapat diketahui bahwa dari 130 opsi *call*, nilai optimum terdapat di $Call_{120}$, dengan *strike price* bernilai \$.15, harga saham awal yaitu senilai \$.23.13, tingkat suku bunga bebas risiko = 0.0559119, dan volatilitas harga saham sebesar 0.1395, diperdagangkan dalam waktu 130 hari, diperoleh nilai $d_1$ = 5.6842, $d_2$ = 5.6042, N($d_1$) = 1 dan N($d_2$ = 1, sehingga diperoleh nilai *call* = 8.4032 dengan T = 120/365 (0.3288). Ini berarti bahwa optimalisasi waktu investasi yang terbaik dilakukan pada hari ke-120 dari 130 hari yang ada, dimana opsinya diperkirakan akan bernilai \$.8.4032.

## 4. KESIMPULAN

Waktu optimal yang dibutuhkan untuk menunda investasi dengan opsi real dapat dilakukan dengan cara mencari nilai maksimum dari semua nilai *call option* yang telah dihitung selama periode tertentu, karena jika keuntungan dihitung dari setiap nilai *call option* maka keuntungan maksimum berada pada saat nilai *call* tersebut maksimum .Waktu optimal untuk melakukan investasi opsi pada saham General Electric Company yaitu berada pada hari ke_120 atau $T$ = 120/365 (0.3288) dari 130 hari yang ada, dimana opsinya diperkirakan akan bernilai $.8.2072.

## 5. DAFTAR PUSTAKA


Asnawi, Said K. & Chandra Wijaya, *Pengantar Valuasi*. Jakarta: Salemba Empat, 2010.

Chen, Jing. *An Analitical Theory of Project Investment A Comparison With Real Option Theory* Prince George.GE: University of Northen British Columbia, 2002.

Cleary, Sean. & Malleret, Thierry. *Global Risk*. New York: Palgrave Macmilan, 2007.

Dixit A. & R. Pindyck.. *Investment Under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press, 1994.

Djafri, Ridzan. Teori Analitik VS *Real Option*. Http://www.rdjafri.net. Diakses pada tanggal 30 Desember 2011.

Grafstrom Charlie & Leo Lundquist, *Real option Valution: An Aplication to a North Sea Oilfield.* Spring: Stockholm University, 2002.

Hakiman. *Model Penilaian Harga IPO di Bursa Efek Jakarta Dengan Menggunakan Metode Real Option*. Disertasi Doktor Program Pascasarjana, Bandung: Universitas Padjadjaran, 2005.

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

Hanapiah, Ali Muhi. *Analisis Investasi Modal Manusia Dalam Perspektif Pendidikan Dan Pelatihan*. 2010 http://file.upi.edu/Direktori/FPEB/PRODI.AKUNTANSI/196510122001121-IKIN_SOLIKIN/Investment.pdf.Diakses pada tanggal 19 November 2012.

Hariyani, Iswi dan serfianto D.P, *Buku Pintar Hukum Bisnis Pasar Modal*. Jakarta:Visimedia, 2010.

Hasmoro, Try & Benny Ranti, *Kajian Investasi Implementasi Push E-Mail di Perusahaan EPCC dengan Metode Real Option Valution: Study Kasus pada PT. Rekayasa Industri*. Http://isi.cs.ui.ac.id. Diakses pada tanggal 28 Desember 2011.

Hull, John C. *Options, Futures and Other Derivatives*. 6th Edition; USA: Prentice-Hall, 2005.

Jogiyanto. *Teori Portofolio dan Analisis Investasi*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta, 2009.

Kellison, G. Stephen. *The Theory of Interest* (Second edition).

Nafarin, M. *Penganggaran Perusahaan*. Jakarta: Salemba Empat, 2009.

Norstad, John. Black Scholes the Easy Way. 1999. Http://www.norstad.org. Diakses pada tanggal 28 Desember 2011.

Oksendal, B. *Stochastic Differential Equations* : An Introduction With Applications. New York: Springer, Berlin, 1998.

Putu, I. G. Purnaba. *Teori Peluang*. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Salim, Joko. *10 Investasi Paling Gampang & Paling Aman*. Jakarta: Visimedia, 2010.

Siahaan. H. Pardomuan & Adler. H. Manurung. *Aktiva Derivatif.* Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2006.

Steven E. Shereve. *Stochastic Calculus for Finance II* (USA, 2004)P. 143.

Sukirno, Sadono. *Pengantar Teori Mikroekonomi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2004.

Suritno. *Metode Beda Hingga untuk Solusi Numerik Dari Persamaan Black Scholes Harga Opsi Put Amerika*. Bogor: Tesis, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, 2008.

Syazali, Muhamad. *Penentuan Harga Opsi Put Amerika dengan Simulasi Monte Carlo* (Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB, 2011), Http://repository.ipb.ac.id/. Diakses pada tanggal 4 Agustus 2012 pukul 13.53 Wita.

Taylor, Howard M dan Samuel Karlin, *An Introduction to Stochastic Modeling*. Third Edition; California: Academic Press, 1998.

Tiro, Muhamad Arif, *Dasar-Dasar Statistika.* Makassar: State University of Makassar Press, 1999.

Walpole, E Ronald &Raymond H Myers, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insiyur dan Ilmuwan* . Bandung: ITB,1995.

Wilmot, P. *Paul Wilmot Introduces Quantitative Finance.* New York: John Wiley & Sons, 2001.