PENGUNAAN METODE *GREEKS BLACK SCHOLES* UNTUK ANALISIS SENSITIVITAS HARGA OPSI BELI EROPA

Nana Pratiwi, Evy Sulistianingsih, Nurfitri Imro'ah

INTISARI

Investor yang melakukan usaha bisnis seperti investasi dengan aset dasar saham mempunyai risiko yang dapat menyebabkan kerugian. Dengan demikian investor perlu melakukan lindung nilai seperti opsi. Namun dengan menggunakan opsi investor masih menghadapi risiko, sehingga diperlukan manajemen risiko harga opsi. Metode Greeks merupakan alat penting dalam manajemen risiko. Greeks merupakan lima huruf Yunani dan derivatif dari model Black-Scholes yang digunakan untuk mengetahui sensitivitas yang dimiliki opsi. Hasil analisis sensitivitas penelitian ini yaitu diperoleh nilai delta yang mempunyai sensitivitas paling tinggi ketika harga saham awal lebih besar dari harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo (ITM). Nilai gamma yang diperoleh mempunyai sensitivitas paling tinggi ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo (ATM). Nilai Theta yang diperoleh mempunyai sensitivitas paling tinggi ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo (ATM). Nilai Vega yang diperoleh mempunyai sensitivitas paling tinggi ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin jauh dengan waktu jatuh tempo (ATM). Nilai Rho yang diperoleh mempunyai sensitivitas paling tinggi ketika harga saham awal saham lebih besar dari harga pelaksanaan dan semakin jauh dengan waktu jatuh tempo (ITM).

Kata Kunci : Opsi beli tipe Eropa, Model Black-Scholes, Metode Greeks, Analisis sensitivitas

PENDAHULUAN

Investasi adalah komitmen untuk menanamkan sejumlah dana pada saat ini dengan tujuan memperoleh keuntungan di masa datang [1]. Dunia keuangan mengenal adanya pasar keuangan yang dapat dijadikan investasi baik investasi pada pasar uang (*money market*) yaitu investasi pada rill aset (tanah, bangunan, dan pertambangan) maupun pasar modal (*capital market*) yaitu investasi pada finansial aset (saham, obligasi, emas) [1]. Investasi tentunya mempunyai risiko yang dapat menyebabkan kerugian, sehingga investor berupaya untuk melindungi nilai dari aset dasar yang mana dalam penelitian ini adalah saham. Dalam melakukan lindung nilai saham investor dapat membeli sebuah kontrak opsi.

Opsi merupakan suatu kontrak yang memberikan hak (bukan kewajiban) kepada pemegang opsi untuk membeli atau menjual suatu aset tertentu dengan harga dan waktu tertentu [1]. Berdasarkan jenis hak yang diberikan opsi dibedakan menjadi opsi beli dan opsi jual. Opsi beli adalah jenis opsi yang memberikan hak kepada pemegang opsi untuk membeli suatu aset tertentu pada harga dan waktu tertentu [2]. Sedangkan berdasarkan waktu penggunaannya opsi dibedakan menjadi opsi tipe Eropa dan Amerika. Opsi tipe Eropa digunakan hanya pada tanggal jatuh tempo saja [3]. Penentuan harga opsi beli tipe Eropa dapat menggunakan model *Black-Scholes* dengan asumsi harga saham berdistribusi Lognormal dan *return* berdistribusi Normal [4]. Saham tidak membayarkan dividen (pembagian keuntungan saham), volatilitas konstan, serta suku bunga konstan.

Untuk manajemen risiko dari investasi opsi dengan aset dasar saham investor dapat menganalisis sensitivitas harga opsi [4]. Analisis sensitivitas merupakan teknik untuk manajemen risiko. Dengan menganalisis sensitivitas harga opsi, dapat diketahui akibat yang akan terjadi dari perubahan-perubahan indikator didalam opsi yang dapat diantisipasi.

Analisis sensitivitas dilakukan dengan menggunakan metode *Greeks* pada model *Black-Scholes*. Metode *Greeks* merupakan alat penting dalam manajemen risiko untuk mengetahui sensitivitas pada harga opsi. Metode *Greeks* mempunyai lima nilai (*delta*, *gamma*, *theta*, *vega*, dan *rho*), kelima nilai tersebut dapat menganalisis empat indikator yang mempengaruhi harga opsi. Sehingga tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis sensitivitas harga opsi menggunakan metode *Greeks Black-Scholes*.

Penelitian ini dimulai dengan mencari data harga saham pada <http://www.finance.yahoo.com>, kemudian menghitung return saham, kemudian menguji normalitas *return*, jika *return* berdistribusi Normal maka dilanjutkan menginput nilai dari indikator-indikator dalam opsi yaitu harga saham awal, harga pelaksanaan, waktu jatuh tempo, tingkat suku bunga bebas risiko yang diperoleh dari <http://www.fxstreet.com/fundamental/interest-rates-table/>, dan menghitung volatilitas *return*. Setelah didapat nilai dari indikator yang diperlukan selanjutnya menghitung harga opsi, kemudian menghitung nilai sensitivitas harga opsi beli Eropa (*delta*, *gamma*, *theta*, *vega*, dan *rho*), setelah diperoleh nilai sensitivitas harga opsi maka dilakukan interpretasi hasil analisis.

RETURN HARGA SAHAM

Hasil atau akibat yang diperoleh dari investasi yang dilakukan disebut dengan (*return*). Nilai *return* dapat negatif dan juga dapat positif, artinya tingkat keuntungan atau pengembalian yang diperoleh sesuai dengan kondisi riil dari aset yang menjadi investasi yang mana dalam penelitian ini adalah saham[5]. *Return* harga saham dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut[6]:

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

dengan R_t menyatakan *return* harga saham pada saat t , S_t menyatakan harga saham pada saat t , dan S_{t-1} menyatakan harga saham pada saat $t-1$ [7].

VOLATILITAS HARGA SAHAM

Volatilitas adalah ukuran perubahan harga saham dapat naik atau turun (berfluktuasi) dengan cepat. Volatilitas menggambarkan perubahan dan pergerakan harga saham dimasa lalu (data historis). Jika semua indikator lain dianggap tetap, semakin besar volatilitas maka peluang harga saham semakin besar mengalami perubahan, hal ini disebabkan pada periode waktu jatuh tempo dapat terdeviasi jauh keatas[4]. Volatilitas tahunan harga saham dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{k \times S^2} \quad (2)$$

dengan k menyatakan banyaknya data *return* harga saham dan S^2 menyatakan variansi dari *return* harga saham. Untuk menghitung variansi dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S^2 = \frac{\sum_{t=1}^k (R_t^2) - \frac{(\sum_{t=1}^k R_t)^2}{k}}{k(k-1)} \quad (3)$$

dengan S^2 menyatakan variansi, k menyatakan banyaknya data *return* harga saham, R_t menyatakan *return* harga saham periode t .

UJI NORMALITAS KOLMOGOROV-SMIRNOV

Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui apakah data yang diambil adalah data yang terdistribusi Normal. Misalkan Misalkan $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ adalah sampel *random* berukuran n dari suatu populasi dengan fungsi distribusi $F(y)$. Andaikan $F_0(y)$ adalah suatu fungsi distribusi tertentu dan akan diuji [8]:

$$\begin{aligned} H_0 : F(y) &= F_0(y) \\ H_1 : F(y) &\neq F_0(y) \end{aligned}$$

Uji *Kolmogorov-Smirnov* menggunakan statistik uji:

$$T = \sup_{-\infty < y < \infty} |F_n(y) - F_0(y)| \quad (4)$$

Kesimpulan yang diambil adalah menolak H_0 jika nilai $T > T_{n,\alpha} \cdot T_{n,\sigma}$ nilai kritik dari statistik T .

MODEL *BLACK-SCHOLES*

Model *Black-Scholes* diperkenalkan oleh Fischer Black dan Myron Scholes pada tahun 1973. Model *Black-Scholes* terbatas karena hanya dapat digunakan pada penentuan harga opsi tipe Eropa (*European Option*) yang dijalankan pada waktu jatuh tempo (*expiration date*) saja. Dalam suatu opsi terdapat nilai yang merupakan fungsi dari berbagai macam indikator, dinotasikan dengan $V(S; t; \sigma; K; T; r)$, dengan S adalah harga saham (*underlying asset*), t adalah waktu atau periode, K adalah harga pelaksanaan (*strike price*), T adalah waktu jatuh tempo opsi (*expiration date*), σ adalah nilai dari volatilitas harga saham, dan r adalah suku bunga bebas risiko [9]. Model *Black Scholes* mengasumsikan bahwa harga saham menyebar Lognormal untuk memenuhi imbal hasil aset dasar menyebar Normal [4]. Model *Black-Scholes* dengan indikator waktu $\tau = T - t$ dinyatakan sebagai berikut [10]:

$$C = S_0 N(d_1) - Ke^{-r\tau} N(d_2)$$

dimana C adalah nilai opsi beli, S_0 adalah harga saham awal, $N(d_1)$ adalah fungsi distribusi kumulatif normal standar dari d_1 , dan $N(d_2)$ adalah fungsi distribusi kumulatif normal standar dari d_2 . dengan:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \quad (6)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \quad (7)$$

dengan τ menyatakan selisih waktu t hingga waktu jatuh tempo T .

METODE *GREEKS*

Metode *Greeks* dapat digunakan untuk manajemen risiko di pasar modal khususnya opsi. Hal ini dikarenakan setiap unsur *Greeks* menganalisis indikator yang berbeda terhadap risiko dalam opsi [11]. Setiap nilai *Greeks* (*delta*, *gamma*, *theta*, *vega*, dan *rho*) menganalisis perubahan harga opsi akibat perubahan indikator dari opsi (harga saham, waktu, volatilitas dan suku bunga).

1. *Delta* (Δ)

Delta merupakan sensitivitas harga opsi terhadap perubahan harga aset dasar yang mana dalam penelitian ini adalah saham [11]. Persamaan *delta* dinotasikan dengan [12]:

$$\Delta = \frac{\partial C}{\partial S_0} = \frac{\partial(S_0 N(d_1) - Ke^{-r\tau} N(d_2))}{\partial S_0} = N(d_1) \quad (8)$$

2. *Gamma* (Γ)

Gamma didefinisikan tingkat perubahan *delta* terhadap perubahan harga aset dasar yang mana dalam penelitian ini adalah saham [11]. Persamaan *gamma* dinotasikan dengan [12]:

$$\Gamma = \frac{\partial \Delta}{\partial S_0} = \frac{\partial(N(d_1))}{\partial S_0} = \frac{1}{S_0 \sigma \sqrt{2\pi\tau}} e^{-\frac{d_1^2}{2}} \quad (9)$$

3. *Theta* (Θ)

Delta merupakan sensitivitas harga opsi terhadap perubahan waktu [11]. Persamaan *theta* dinotasikan dengan [12]:

$$\Theta = \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\frac{\partial(S_0 N(d_1) - Ke^{-r\tau} N(d_2))}{\partial \tau} = -\frac{S_0 \sigma}{2\tau^{1/2}} N'(d_1) - rKe^{-r\tau} N(d_2) \quad (10)$$

4. Vega (ν)

Vega merupakan sensitivitas harga opsi terhadap perubahan nilai volatilitas harga saham [11]. Persamaan *vega* dinotasikan dengan [12]:

$$\nu = \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \frac{\partial(S_0 N(d_1) - Ke^{-r\tau} N(d_2))}{(\sigma)} = S_0 \sqrt{\tau} N'(d_1) \quad (11)$$

5. Rho (ρ)

Rho merupakan sensitivitas harga opsi terhadap perubahan suku bunga [11]. Persamaan *vega* dinotasikan dengan [12]:

$$\rho = \frac{\partial C}{\partial r} = \frac{\partial(S_0 N(d_1) - Ke^{-r\tau} N(d_2))}{\partial r} = K\tau e^{-r\tau} N(d_2) \quad (12)$$

STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan simulasi pada data penutupan harga saham *Coca Cola Company* (KO) pada september 2017 hingga september 2018 yang berjumlah 252 data. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh melalui <http://www.finance.yahoo.com/>. Kemudian dilakukan perhitungan *return* harga saham. Berikut statistik deskriptif *return* harga saham *Coca Cola Company*:

Tabel 1 Statistik Deskriptif Data *Return* Saham *Coca-Cola Company*

Karakteristik	Nilai
Jumlah Data <i>Return</i>	251
Minimum	-0,04017
Maksimum	0,01963
Skewness	-0,73400
Kurtosis	2,35600

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa data *return* harga saham *Coca-Cola Company* (KO) berjumlah 251 data dengan nilai minimum -0,04017 dan nilai maksimum 0,01963 kemudian data *return* condong ke kiri dengan nilai skewness -0,73400. Kemudian selanjutnya melakukan uji normalitas *return* menggunakan uji *Kolmogorof-Smirnov* dengan kriteria menolak H_0 jika nilai *p-value* > (α) dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Uji Normalitas *Return* Harga Saham

Karakteristik	Nilai
Sampel Observation	251
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,317

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai *p-value* = 0,317; *p-value* > 0,05 (α) maka data *return* berdistribusi Normal. Selanjutnya menghitung harga opsi beli tipe Eropa menggunakan Persamaan (5). dengan menentukan terlebih dahulu indikator yang digunakan dalam menghitung harga opsi, yaitu harga saham awal (S_0) ditentukan berdasarkan data penutupan harga saham (*close price*) perusahaan *Coca Cola Company* (KO) periode 25 september 2017 sampai dengan 24 september 2018 mulai dari harga saham terendah \$41 hingga harga saham tertinggi \$48. Kemudian menentukan harga pelaksanaan (K) sebesar \$44,5, menentukan tingkat suku bunga bebas risiko (r) yang ditetapkan oleh Bank Central Amerika yaitu sebesar 2,25%, selanjutnya menentukan waktu jatuh tempo (T). Pada penelitian ini, waktu jatuh tempo (T) yang digunakan sebanyak 3 bulan atau jika dijadikan tahun nilainya adalah 0,25 dan dibagi menjadi tiga bulan waktu jatuh tempo. Kemudian selanjutnya nilai volatilitas diperoleh berdasarkan Persamaan (2) yaitu sebesar 0,1340. Untuk lebih jelas nilai opsi dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Harga Opsi Beli Tipe Eropa

Harga Saham Awal (\$)	Opsi Beli 1 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,08$)	Opsi Beli 2 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,17$)	Opsi Beli 3 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,25$)
41	0,01166	0,08039	0,18156
42	0,05541	0,20133	0,36058
43	0,19021	0,43129	0,64628
44	0,49437	0,80675	1,05888
45	1,02081	1,34452	1,60528
46	1,75743	2,03534	2,27771
47	2,64000	2,84941	3,05696
48	3,59834	3,74907	3,91819

Dapat dilihat pada Tabel 3 hasil perhitungan harga opsi beli tipe Eropa bahwa harga opsi semakin meningkat apabila harga aset dasar (harga saham) semakin meningkat.

Menentukan Sensitivitas Harga Opsi Beli Eropa

1. Nilai *Delta* (Δ)

Nilai *delta* diperoleh dari Persamaan (8). Apabila hasil perhitungan semakin tinggi maka menunjukkan bahwa nilai *delta* semakin sensitif (nilai *delta* yang paling tinggi adalah yang paling sensitif). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai *Delta* pada Opsi Beli tipe Eropa

Harga Saham Awal (\$)	Nilai <i>Delta</i> 1 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,08$)	Nilai <i>Delta</i> 2 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,17$)	Nilai <i>Delta</i> 3 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,25$)
41	0,02024	0,08065	0,13468
42	0,07692	0,16841	0,22811
43	0,20664	0,29786	0,34676
44	0,41132	0,45598	0,47961
45	0,63926	0,6179265	0,61183
46	0,82235	0,75852	0,72972
47	0,93056	0,86312	0,82453
48	0,97851	0,93044	0,89377

Pada Tabel 4 hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *delta* yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah ketika harga saham awal lebih besar dari harga pelaksanaan dan mendekati waktu jatuh tempo [13]. Nilai *delta* semakin tinggi pada saat opsi *in the money* (ITM) [4].

2. Nilai *Gamma* (Γ)

Nilai *gamma* diperoleh dari Persamaan (9). Apabila hasil perhitungan semakin tinggi maka menunjukkan bahwa nilai *gamma* semakin sensitif (nilai *gamma* yang paling tinggi adalah yang paling sensitif). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5 Nilai *Gamma* pada Opsi Beli tipe Eropa

Harga Saham awal (\$)	Nilai <i>Gamma</i> 1 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,08$)	Nilai <i>Gamma</i> 2 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,17$)	Nilai <i>Gamma</i> 3 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,25$)
41	0,03084	0,06667	0,078886
42	0,08879	0,10944	0,107376
43	0,17157	0,14728	0,128091
44	0,22851	0,16468	0,135110
45	0,21501	0,15488	0,127048
46	0,14620	0,12392	0,107306
47	0,07337	0,08522	0,081974
48	0,02769	0,05087	0,057001

Pada Tabel 5 hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai γ yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo [13]. Nilai γ semakin besar pada saat opsi *at the money* (ATM) [4].

3. Nilai Θ

Nilai θ diperoleh dari Persamaan (10). Nilai θ menggambarkan penyusutan nilai opsi sejalan dengan waktu disebut dengan *time decay*, dan nilai θ yang paling kecil merupakan nilai θ yang paling sensitif. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6 Nilai Θ pada Opsi Beli tipe Eropa

Harga Saham Awal (\$)	Nilai Θ 1 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,08$)	Nilai Θ 2 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,17$)	Nilai Θ 3 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,25$)
41	-0,48430	-1,07984	-1,31200
42	-1,47924	-1,88976	-1,90986
43	-3,04693	-2,72611	-2,44963
44	-4,37225	-3,29881	-2,80196
45	-4,53755	-3,41426	-2,89568
46	-3,59220	-3,09588	-2,74480
47	-2,38135	-2,54060	-2,43067
48	-1,54943	-1,97388	-2,05750

Pada Tabel 6 hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai θ yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo [13]. Nilai θ semakin besar pada saat opsi *at the money* (ATM) [4].

4. Nilai ν

Nilai ν diperoleh dari Persamaan (11). Apabila hasil perhitungan semakin tinggi maka menunjukkan bahwa nilai ν semakin sensitif (nilai ν yang paling tinggi adalah yang paling sensitif). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7 Nilai ν pada Opsi Beli tipe Eropa

Harga Saham Awal (\$)	Nilai ν 1 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,08$)	Nilai ν 2 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,25$)	Nilai ν 3 Bulan Sebelum Jatuh Tempo ($\tau=0,25$)
41	0,57914	2,50424	4,44476
42	1,75003	4,31394	6,34880
43	3,54445	6,08532	7,93848
44	4,94278	7,12431	8,76748
45	4,86459	7,00829	8,62335
46	3,45658	5,85901	7,61072
47	1,81080	4,20655	6,06950
48	0,713045	2,61886	4,40204

Pada Tabel 7 hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai ν yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin jauh dengan waktu jatuh tempo [13]. Nilai ν semakin besar pada saat opsi *at the money* (ATM) [4].

5. Nilai ρ

Nilai ρ diperoleh dari Persamaan (12). Apabila hasil perhitungan semakin tinggi maka menunjukkan bahwa nilai ρ semakin sensitif (nilai ρ yang paling tinggi adalah yang paling sensitif). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8 Nilai ρ pada Opsi Beli tipe Eropa

Harga Saham Awal (\$)	Nilai ρ 1 Bulan Sebelum Jatuh Tempo	Nilai ρ 2 Bulan Sebelum Jatuh Tempo	Nilai ρ 3 Bulan Sebelum Jatuh Tempo
41	0,06820	0,53770	1,33505
42	0,26460	1,14530	2,30503
43	0,72460	2,06276	3,56615
44	1,46697	3,20941	5,01099
45	2,31216	4,41028	6,48181
46	3,00590	5,47612	7,82235
47	3,42472	6,28626	8,92402
48	3,61420	6,81872	9,74570

Pada Tabel 8 hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai ρ yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah ketika harga saham awal lebih besar dari harga pelaksanaan dan semakin jauh dari waktu jatuh tempo [13]. Nilai ρ semakin besar pada saat opsi *in the money* (ITM) [4]

KESIMPULAN

Menganalisis sensitivitas harga opsi merupakan upaya untuk lindung nilai (*hedging*) dari aset yang mendasari opsi (saham). Dengan melakukan analisis sensitivitas maka dapat diketahui akibat yang mungkin terjadi dari perubahan-perubahan indikator didalam opsi dan dapat diantisipasi sebelum terjadi. Berdasarkan hasil penelitian pada pembahasan dengan simulasi saham *Coca Cola Company* (KO) dapat disimpulkan bahwa Δ menunjukkan sensitivitas paling tinggi terjadi ketika harga saham awal lebih besar dari harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo (ITM), Γ menunjukkan sensitivitas paling tinggi ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan mendekati waktu jatuh tempo (ATM), Θ menunjukkan sensitivitas paling tinggi terjadi ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin dekat dengan waktu jatuh tempo (ATM), Vega menunjukkan sensitivitas paling tinggi terjadi ketika harga saham awal berada disekitar harga pelaksanaan dan semakin jauh dengan waktu jatuh tempo (ATM), ρ menunjukkan sensitivitas paling tinggi terjadi ketika harga saham awal semakin besar dari harga pelaksanaan dan semakin jauh dengan waktu jatuh tempo (ITM).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Halim A. *Analisis Investasi*. Ed ke-2. Jakarta: Salemba Empat. 2005.
- [2]. Higham DJ. *An Introduction To Financial Option Valuation, Mathematics, Stochastics and Computation*. United Kingdom: Cambridge University Press. 45-120; 2004.
- [3]. Luenberger DG. *Investment Science*. New York: Oxford University Press. 1998.
- [4]. Sunaryo T. *Manajemen Risiko Finansial*. Jakarta: Salemba Empat. 2007.
- [5]. Hull JC. *Options Futures and Other Derivatives*, 8th Editions. Prentice Hall. New jersey. 2006.
- [6]. Widyawati, Satyahadewi N, Sulistianingsih E. Penggunaan Model *Black-Scholes* untuk Penentuan Harga Opsi Jual Tipe Eropa. *Buletin Ilmiah Math, Stat, dan Terapannya (Bimaster)*. 2013; Vol. 02. No.1: 13-20.
- [7]. Nadia S, Sulistianingsih E, Imro'ah N. Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa Dengan Metode Binomial. *Buletin Ilmiah Math, Stat, dan Terapannya (Bimaster)*. 2018; Vol.7. No.2:127-134.
- [8]. Siegel S. *Nonparametric Statistic: Fpr The Behavioral Sciences*. McGraw-Hill Book Company Inc, New York;1956.
- [9]. Qiu Y & Lorenz J. A Non-Linear Black-Scholes Equation. International. *Jurnal Business Performance and Supply Chain Modelling*. 2009; Vol.1. No.1: 33-40.
- [10]. Yuliandi TD, Devianto D & Yozza H. Perbandingan Metode Black-Scholes dan Simulasi Monte Carlo Dalam Penentuan Harga Opsi Eropa. *Jurnal Matematika UNAND*. 2015; Vol.5. No.1:7-16.
- [11]. Chen H.Y, Lee CF, and Shih W. *Derivatives and Applications of Greek Letters-Review and Integration*. USA: Rutgers University. 2008.
- [12]. Yu X and Xie X. On Derivations of Black-Scholes Greeks Letters, *Research Journal of Finance an Accounting*. 2013; Vol.4. No.6:80-85.

- [13].Nataran DN, Dharmawan K & Nilakusumawati DPE. Analisis Sensitivitas Harga Opsi Menggunakan Metode Greek Black-Scholes. *E-Jurnal Matematika*. 2018; Vol.7. No.2:148-156

NANA PRATIWI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak,
nanapratiwi@student.untan.ac.id
EVY SULISTIANINGSIH : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak,
evysulistianingsih@math.untan.ac.id
NURFITRI IMRO'AH : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak,
nurfitriimroah18@gmail.com