MODEL *BLACK SCHOLES* DAN RASIO LINDUNG NILAI UNTUK OPSI SAHAM TIPE EROPA DENGAN PEMBAGIAN DIVIDEN (STUDI KASUS PADA SAHAM *BANK OF AMERICA CORPORATION*)

Dodi Devianto dan Kiky Rizki Ayuriza

Jurusan Matematika Universitas Andalas
Email: ddevianto@fmipa.unand.ac.id dan rizkiayuriza@gmail.com

ABSTRACT

Option contracts give their holders the right to buy and sell a specific asset (*stock*) *at some specified price on or before a specified date* (*maturity time*)*. For European stock options, they allow their holder the right of exercise only on the expiration date. The contract option formula may be formed by a stochastic process into Black Scholes model with non-dividend payment assumption during the life of an option. In reality, some companies on the capital market often pay the stable dividends based on time. So that the Black Scholes model for European stock options need to be modified with risk-neutral valuation method used differencial stochastic equation. In this case it is used delta to show the option price sensitivity to the change of the price from the underlying stock. The case study took data from Bank of America Corporation. The data was accessed on March 19,2014 for one year period. It is obtained the difference between option price with and without dividend payments and the option price in capital market significantly. As a recommendation to control the investation risk, it will be better if the call option's writer do delta hedging when the stock price is drop. On the other hand, the put option's writer shouldn't do the delta hedging when the stock price is drop at maturity time.*

Keywords*:* *Option, Stochastic Process, Stochastic Differential Equation, Neutral Risk, Black Scholes, Delta Hedging,*

PENDAHULUAN

Investasi keuangan dapat dilakukan dengan berbagai alternatif, diantarnya dengan kontrak opsi. Opsi yang dimaksud disini adalah suatu bentuk perjanjian atau investasi berupa kontrak yang memberikan pemegang opsi suatu hak untuk membeli atau menjual aset tertentu pada harga dan jangka waktu tertentu. Merujuk pada Hull (2003), ada dua macam tipe opsi saham. Pertama, opsi *call* dimana opsi ini memberikan hak kepada pembeli opsi untuk membeli dari penjual opsi sejumlah lembar saham dengan harga dan pada jangka waktu tertentu. Kedua, opsi *put* dimana opsi ini memberikan hak untuk pembeli opsi untuk menjual kepada penjual opsi sejumlah lembar saham dengan harga dan jangka waktu tertentu. Sementara itu, berdasarkan waktu pelaksanaannya, opsi bisa dikelompokkan menjadi dua tipe. Pertama, opsi tipe Eropa yaitu opsi yang dapat dilaksanakan pada saat jatuh tempo saja. Kedua, opsi tipe Amerika yaitu opsi yang dapat dilaksanakan pada saat jatuh tempo atau sebelum jatuh tempo.

Nilai opsi dapat ditentukan dengan menggunakan model *Black Scholes* yang dikembangkan pertama kali oleh Fischer Black dan Myron Scholes pada tahun 1973. Model *Black Scholes* ini mengasumsikan tidak adanya pembagian dividen selama opsi berlaku dimana dividen diartikan sebagai bagian dari keuntungan perusahaan yang dibagikan kepada seluruh pemegang saham. Pembagian dividen akan mempengaruhi nilai opsi, sehingga menjadi penting dilakukan formulasi ulang terhadap model *Black Scholes*.

Pentingnya model *Black Scholes* dalam pedagangan aset keuangan adalah sebagai alat untuk mengendalikan risiko (*hedging)* dalam suatu opsi pada portofolio.

Menurut Lee dan Lee (2010), Sharpe (1995) dan Wilmott dkk. (1995) teknik untuk mengendalikan risiko secara umum dikenal dengan *greeks*. Teknik g*reeks* ini dapat diartikan sebagai sensitivitas nilai opsi terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di pasar saham. Ada beberapa macam *greeks* diantaranya adalah delta, gamma, vega, tetha, dan rho. Pada tulisan diberikan teknik pengendalian risiko untuk delta yang menunjukkan berapa besarnya pengaruh perubahan harga opsi terhadap pergerakan harga saham dengan adanya pembagian dividen secara tetap, model seperti ini dapat dilakukan karena banyak perusahaan yang menjalankan kebijakan pembagian dividen yang stabil, artinya dividen perlembar yang dibayarkan setiap tahunnya kepada investor tetap selama jangka waktu tertentu meskipun pen-dapatan perlembar saham pertahunnya berfluktuasi.

Model *Black Scholes* untuk Opsi *Call* dan Opsi *Put* dengan Pembagian Dividen

Harga saham berubah secara acak menurut pergerakan waktu sehingga dapat diasumsikan sebagai suatu proses acak (randomisasi) yang dikenal sebagai proses stokastik. Dalam hal ini, misalkan $S(t)$ merupakan harga saham pada waktu t dan μ menyatakan parameter konstan yaitu tingkat rata-rata pertumbuhan harga saham, serta σ adalah volatilitas harga saham. Misalkan $W(t)$ mengikuti *Proses Wiener*, maka proses tersebut dapat dikembangkan menjadi model pergerakan harga saham berdasarkan proses yang dikenal sebagai model *Black Scholes*.

Misalkan perubahan harga saham $S(t)$ memiliki nilai harapan $\mu S(t)$ sebagai suatu komponen deterministik. Karena harga saham juga dipengaruhi oleh faktor ketidakpastian maka komponen stokastik ini dituliskan sebagai $\sigma S(t)$. Volatilitas harga saham ini dapat dipahami sebagai indikasi tingkat risiko dari harga saham. Proses pembentukan model persamaan diferensial stokastik untuk harga saham dengan pembagian dividen pada tulisan ini merujuk pada Oksendal (2000) dan Wilmott dkk. (1995). Pertama-tama misalkan $Y(t)=g(S(t),t)$ untuk $t\in[0,\infty)$ dan $S(t)$ memiliki persamaan diferensial stokastik untuk model harga saham yang dapat dinyatakan dalam bentuk

$$dY(t)=\left(\frac{\partial g}{\partial t}+(\mu-D)S(t)\frac{\partial g}{\partial S}+\frac{1}{2}\sigma^2S(t)^2\frac{\partial^2 g}{\partial S^2}\right)dt+\sigma S(t)\frac{\partial g}{\partial S}dW(t).$$

Selanjutnya berdasarkan *Lema Ito* dan pada saat $Y(t)=g(S(t),t)=\ln S(t)$ diperoleh

$$dY(t)=\left(\mu-D-\frac{\sigma^2}{2}\right)dt+\sigma\, dW(t)$$

dimana $Y(t)$ adalah *Gerak Brown* dengan mean $(\mu-D-(\sigma^2/2))$ dan varian σ^2. Karena $Y(t)$ dapat berubah berdasarkan gerak Brown, misalkan dari 0 sampai τ, maka $Y(t)$ berdistribusi normal dengan mean $(r-D-(\sigma^2/2))\tau$ dan varian $\sigma^2\tau$.

Misalkan pada waktu $t=0$, nilai $Y(t)=\ln S(0)$ dan pada waktu T nilai $Y(t)=\ln S(T)$, maka pada selang waktu 0 sampai dengan τ dapat diperoleh

$$\ln S(T)\sim N(\ln S(0)+\left(r-(\sigma^2/2)\right)\tau,\sigma\sqrt{\tau}).$$

Hal ini memperlihatkan bahwa $\ln S(T)$ juga berdistribusi normal yang mengikuti gerak Brown.

Nilai dari sebuah opsi *call* merupakan nilai harapan dari maksimum selisih dari $S(T)-K$ dan 0, dimana K adalah harga pelaksanaan. Penentuan nilai opsi *call* dapat dilakukan dengan pendekatan risiko netral, yaitu dengan prosedur yang dijelaskan oleh Hull (2003) dengan cara sebagai berikut:

(i) Mengasumsikan ekspektasi *return* dari saham adalah tingkat suku bunga bebas risiko. Dengan kata lain, dapat dinyatakan bahwa $\mu=r$.

(ii) Menghitung ekspektasi *payoff* yang dapat dinyatakan sebagai

$$\hat{E}[\max(S(T)-K,0)].$$

Selanjutnya jika didefinisikan $g(S(T))$ adalah fungsi kepekatan peluang dari $S(T)$, maka

$$\hat{E}[\max(S(T)-K,0)]$$
$$=\int_K^\infty (s(T)-K)g(s(T))ds(T). \qquad (01)$$

Misalkan didefinisikan sebuah peubah baru yaitu $Q=(\ln S_T - m)/s$ yang mempunyai distribusi normal baku, maka Persamaan (01) dapat dituliskan kembali menjadi

$$\hat{E}[\max(S(T)-K,0)] = \int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} (e^{qs+m}-K)\,h(q)\,dq$$

$$= \int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} e^{qs+m}h(q)\,dq - K\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q)\,dq \qquad (02)$$

dan dapat dinyatakan pula

$$e^{Qs+m}h(q) = e^{m+s^2/2}h(Q-s). \qquad (03)$$

Selanjutnya dengan mensubstitusikan Persamaan (03) ke dalam Persamaan (02), dapat diperoleh

$$\hat{E}[\max(S(T)-K,0)]$$
$$= e^{m+s^2/2}\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q-s)\,dq - K\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q)\,dq.$$

Untuk menyelesaikan persamaan ini, pertama-tama dengan memisalkan

$$A = e^{m+s^2/2}\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q-s)\,dq$$

$$B = K\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q)\,dq$$

Penyelesaian dari A adalah

$$A = e^{m+s^2/2}\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q-s)dq$$
$$= e^{m+s^2/2}\left[N\left(\frac{-\ln K+m}{s}+s\right)\right] \qquad (04)$$

dengan $N(x)$ menyatakan notasi dari fungsi distribusi normal baku kumulatif. Selanjutnya dengan mensubstitusikan mean m dan standar deviasi kedalam Persamaan (04) maka diperoleh

$$A = e^{m+\sigma^2 T/2}\left[N(x_d)\right] = e^{m+\sigma^2\tau/2}N(d_1)$$

dimana

$$x_d = \frac{-\ln K + \ln S(0) + (r-D-\sigma^2/2))\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} + \sigma\sqrt{\tau}.$$

Penyelesaian dari B adalah

$$B = K\int_{(\ln K-m)/s}^{\infty} h(q)\,dq = K\left[N\left(\frac{-\ln K+m}{s}\right)\right] \qquad (05)$$

Dengan mensubstitusikan mean m dan standar deviasi s ke Persamaan (05) maka diperoleh

$$B = KN\left(\frac{-\ln K + \ln S(0) + (r-D-(\sigma^2/2))\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right)$$
$$= K\,N(d_2)$$

Selanjutnya Hull (2003) menjelaskan bahwa berdasarkan argumentasi pe nilaian risiko netral, harga opsi *call* tipe Eropa yang dilambangkan dengan C adalah nilai harapan yang didiskon pada suku bunga bebas risiko yang dapat dinyatakan dengan

$$C = e^{-r\tau}\hat{E}[\max(S(T)-K,0)]$$

Selanjutnya dengan mensubstitusikan penyelesaian A dan B maka diperoleh model *Black Scholes* untuk opsi *call* tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen pada saat kontrak opsi dibuat yaitu

$$C = S(0)e^{-D\tau}N(d_1) - Ke^{-r\tau}N(d_2),$$

dengan

$$d_1 = \frac{\ln(S(0)/K) + (r-D+\sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}},$$

$$d_2 = \frac{\ln(S(0)/K) + (r-D-\sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}.$$

Setelah opsi *call* diketahui, dengan menggunakan *put call parity* seperti yang dijelaskan pada Wilmott (1995), maka dapat diperoleh model Black Scholes untuk opsi *put* pada saham tipe Eropa dengan pembagian dividen konstan. Berikut adalah persamaan *put call parity* dengan adanya pembagian dividen yaitu

$$S(0)e^{-D\tau} + P - C = Ke^{-r\tau}.$$

Dengan mensubstitusikan model Black Scholes untuk opsi *call* pada opsi saham tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen, maka diperoleh persamaan sebagai berikut

$$P = Ke^{-r\tau}N(-d_2) - S(0)e^{-D\tau}N(-d_1),$$

dengan

$$d_1 = \frac{\ln(S(0)/K) + (r - D + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}},$$

$$d_2 = \frac{\ln(S(0)/K) + (r - D - \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}.$$

Rasio Lindung Nilai untuk Opsi Saham Tipe Eropa dengan Pembagian Dividen

Rasio lindung nilai (delta) pada prinsipnya merupakan perubahan rata-rata opsi terhadap perubahan harga saham. Merujuk pada Lee dan Lee (2010), rasio lindung nilai dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\Delta_c = \frac{\partial C}{\partial S(0)} \qquad (06)$$

Selanjutnya dengan mensubstitusikan model Black Scholes untuk opsi *call* tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen, maka Persamaan (06) dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\Delta_c = \frac{\partial(S(0)e^{-D\tau}N(d_1) - Ke^{-r\tau}N(d_2))}{\partial S(0)} \qquad (07)$$

Sifat-sifat turunan dapat digunakan terhadap Persamaan (07) sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\Delta_c = e^{-DT}N(d_1) + S(0)e^{-DT}\frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1}\frac{\partial d_1}{\partial S(0)} - Ke^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2}\frac{\partial d_2}{\partial S(0)} \qquad (08)$$

Selanjutnya apabila definisikan

$$n(d_1) = \frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-d_1^2/2}$$

dimana $n(d_1)$ merupakan fungsi kepekatan peluang dari $N(d_1)$. Perhatikan bahwa

$$n(d_2) = \frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-d_1^2/2}\frac{S(0)}{K}e^{(r-D)\tau} \qquad (09)$$

dengan mensubstitusikan

$$\frac{\partial d_1}{\partial S(0)} = \frac{\partial d_2}{\partial S(0)} = \frac{1}{S(0)\sigma\sqrt{\tau}}$$

dan Persamaan (09) ke Persamaan (08) maka diperoleh persamaan sebagai berikut

$$\Delta_c = e^{-D\tau}N(d_1)$$

Selanjutnya dapat pula digunakan persamaan *put call parity* dalam menentu-kan memperoleh rasio lindung nilai (delta) untuk opsi *put* tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen, sehingga perubahan rata-rata opsi *put* tipe Eropa dengan pembagian dividen dapat dinyatakan dengan persamaan berikut

$$\Delta_p = \frac{\partial P}{\partial S(0)} = \frac{\partial(C + Ke^{-r\tau} - S(0)e^{-D\tau})}{\partial S_0} = e^{-DT}\left(N(d_1) - 1\right).$$

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan untuk penerapan model Black Scholes dan delta *hedging* saham tipe Eropa dengan pem bagian dividen adalah data saham *Bank of America Corporation* (BAC) yang diakses pada tanggal 19 Maret 2014 selama periode satu tahun sebelumnya.

Langkah-langkah dalam penentuan harga opsi *call* tipe Eropa, opsi *put* tipe Eropa, dan rasio lindung nilai untuk opsi *call* dan opsi *put* tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen dengan menggunakan data saham BAC adalah sebagai berikut:

(i) Menentukan perubahan harga saham dengan menggunakan proses stokastik dengan adanya pengaruh dividen dimana harga saham diasumsikan mengikuti *Gerak Brown*.

(ii) Menentukan penurunan *Black Scholes* untuk mendapatkan model *Black Scholes* untuk opsi *call* dan opsi *put* dengan adanya pengaruh dividen.

(iii) Menentukan formula untuk rasio lindung nilai atau delta hedging untuk opsi *call* dan opsi *put* dengan adanya pengaruh dividen.

(iv) Menerapkan model tersebut pada data harga penutupan saham BAC untuk periode 19 Maret 2013 sampai 19 Maret 2014 yang diakses melalui situs http://yahoo.finance.com dan mem-bandingkannya dengan harga yang ada di pasar saham.

(v) Menghitung rasio lindung nilai atau delta hedging dari opsi *call* dan opsi *put* tipe Eropa dengan adanya pengaruh pembagian dividen pada data saham BAC.

(vi) Menerapkan rasio lindung nilai atau delta hedging dari opsi *call* dan opsi *put* tipe Eropa dengan adanya pengaruh pembagian dividen dengan membandingkan jika harga saham naik atau harga saham di pasar saham turun.

Sebelum perhitungan opsi dilakukan, maka terlebih dahulu ditentukan volatilitas harga saham dari data saham yang sudah ada. Langkah-langkah dari penentuan volatilitas harga saham adalah sebagai berikut:

(i) Menentukan seluruh harga penutupan saham selama transaksi yaitu $(S_1, S_2, ..., S_n)$ dimana *n* merupakan banyaknya hari perdagangan saham.

(ii) Menentukan *logaritma natural sample return* (R_t) hari ke-*t* hingga $t+1$,

$$R_t = \ln(S_{t+1}/S_t);\ t = 1,\ 2,\ 3,\ ...,\ n-1$$

dimana $S(t)$ adalah harga saham pada waktu ke-*t*.

(iii) Menghitung mean dari *logaritma natural sample return* harian,

$$R = \left(\sum_{t=1}^{n} \hat{R}_t\right) \Bigg/ n$$

(iv) Menghitung estimasi varian dari *log natural sample return* saham harian,

$$\hat{R} = \left(\sum_{t=1}^{n} (\hat{R}_t - R)^2\right) \Bigg/ (n-1)$$

(v) Menghitung *mean* dari *log natural sample return* saham tahunan, karena yang digunakan adalah data harian maka jumlah perdagangan harus dinyatakan dalam $\tau = 1$ hari = 1/*n* tahun.

Model Opsi *Black Scholes* dengan Pembagian Dividen pada Saham *Bank Of America Corporation*

Pada bagian ini diperlihatkan model *Black Scholes* untuk saham BAC dalam mata uang dollar Amerika, dimana data diakses pada tanggal 19 Maret 2014. Ada beberapa unsur yang diperlukan dalam perhitungan opsi *call* dan opsi *put* pada saham tipe Eropa yaitu:

1. Harga saham sekarang
   $S(0)$= 17,44.
2. Harga pelaksanaan
   K= 11,00; 12,00; 13,00; 14,00; 15,00; 16,00; 17,00 dan 18.00.
3. Waktu sekarang
   t =19 Maret 2014.
4. Waktu jatuh tempo
   T = 21 Juni 2014.
5. Tingkat suku bunga bebas risiko
   r = 0,0025.
6. Volatilitas harga saham
   σ = 0,211.
7. Tingkat dividen
   D = 0,01.
8. Periode waktu pembayaran opsi
   τ = 0,2575.

Pada perhitungan nilai opsi *call* dan opsi *put* untuk opsi saham tipe Eropa dengan harga pelaksanaan sebesar 16,00 tanpa pembagian dividen, diperoleh d_1=0,864160 dan d_2=0,757053. Sedangkan untuk perhitungan opsi saham tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen diperoleh d_1=0,840116 dan d_2=0,733009. Selanjutnya akan ditentukan fungsi distribusi kumulatif dari nilai-nilai di atas, yaitu $N(d_1)$, $N(d_2)$, $N(-d_1)$, $N(-d_2)$.

Selanjutnya substitusikan nilai-nilai tersebut ke dalam model *Black Scholes* sehingga dapat diperoleh nilai opsi *call* sebesar 1,661130 tanpa adanya pembagian dividen dan nilai opsi *call* sebesar 1,625114 apabila terrdapat pembagian dividen. Nilai opsi *put* tanpa adanya pembagian dividen dapat diperoleh pula sebesar 0,21083, sedangkan dengan adanya pembagian dividen diperoleh nilai opsi *put* sebesar 0,219672.

Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa adanya pembagian dividen dengan asumsi faktor lainnya tetap menyebabkan penurunan terhadap nilai opsi *call*. Berbeda dengan opsi *put*, adanya pembagian dividen menyebab kan peningkatan nilai opsi *put*. Jika dibandingkan dengan harga di pasar modal, dapat dilihat bahwa untuk harga pelaksanaan 14,00; harga opsi *call* di pasar saham lebih rendah daripada harga opsi *call* yang dihitung dengan model *Black Scholes*. Pada kondisi ini sebaiknya investor membeli opsi dengan harga pelaksanaan tersebut.

Table 1. Perbandingan Harga Opsi *Call* tanpa Pembagian Dividen, dengan Adanya Pembagian Dividen, dan Harga di Pasar Modal (dalam $US)

No	Harga Pelaksanaan	Opsi *Call* Tanpa Dividen	Opsi *Call* Dengan Dividen	Opsi *Call* Pasar Modal
1	11,00	6,44708	6,40222	6,47
2	12,00	5,44782	5,40297	5,50
3	13,00	4,44982	4,40508	4,45
4	14,00	3,46116	3,41711	3,30
5	15,00	2,51127	2,46969	2,60
6	16,00	1,66113	1,62511	1,74
7	17,00	0,98255	0,95507	1,04
8	18,00	0,51371	0,49566	0,55

Sedangkan untuk harga opsi *put*, dapat dilihat bahwa pada harga pelaksanaan 11,00; 12,00; 13,00; 14,00; 15,00; 16,00; 17,00 dan 18,00 harga opsi *put* di pasar saham lebih tinggi daripada harga opsi *put* yang dihitung dengan model *Black Scholes*. Dalam hal ini, sebaiknya investor memilih membeli opsi sesuai dengan harga-harga pelaksanaan tersebut.

Table 2. Perbandingan Harga Opsi *Put* tanpa Pembagian Dividen, dengan Adanya Pembagian Dividen, dan Harga di Pasar Modal (dalam $US).

No	Harga Pelaksa-naan	Opsi *Put* Tanpa Dividen	Opsi *Put* Dengan Dividen	Opsi *Put* Pasaran
1	11,00	2,57547E-06	2,88031E-06	0,02
2	12,00	9,17218E-05	1,00764E-04	0,03
3	13,00	1,45168E-03	1,56964E-03	0,04
4	14,00	1,21529E-02	1,29566E-02	0,07
5	15,00	6,16196E-02	6,48887E-02	0,15
6	16,00	2,10832E-01	2,19672E-01	0,35
7	17,00	5,31605E-01	5,48982E-01	0,62
8	18,00	1,06212E+00	1,08894E+00	1,11

Pada kasus di atas, rasio lindung nilai untuk opsi *call* saham tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen adalah sebagai berikut,

$$\Delta = e^{-D\tau} N(d_1)$$
$$= e^{(-0,01\times 0,2575)} (0,799578) = 0,797522$$

Pada kasus ini harga saham saat ini adalah 17,44 dollar dan harga pelaksanaan-nya sebesar 16,00 dollar. Dengan tingkat suku bunga sebesar 0,0025 dan dividen 0,01 yang dibayarkan secara kontinu dan konstan, misalkan pada saat jatuh tempo harga saham turun menjadi 12,00 dollar atau naik menjadi 20,00 dollar. Misalkan investor (penjual opsi) tersebut menjual 100 opsi *call*. Pada kasus ini diasumsikan modal yang didapatkan untuk berinvestasi di peroleh melalui pinjaman bank dengan bunga yang telah diketahui sebesar 0,0025. Berikut adalah hal yang terjadi jika terjadi kenaikan harga saham menjadi 20,00 dollar atau penurunan harga saham menjadi 16,00 dollar.

Sedangkan untuk harga opsi *put*, dapat dilihat bahwa pada harga pelaksanaan 11,00; 12,00; 13,00; 14,00; 15,00; 16,00; 17,00 dan 18,00 harga opsi *put* di pasar saham lebih tinggi daripada harga opsi *put* yang dihitung dengan model Black Scholes. Dalam hal ini, sebaiknya investor memilih membeli opsi dengan harga-harga pelaksanaan tersebut.

Pada kasus di atas, rasio lindung nilai untuk opsi *call* saham tipe Eropa dengan adanya pembagian dividen adalah sebagai berikut,

$$\Delta = e^{-D\tau} N(d_1)$$
$$= e^{(-0,01\times 0,2575)} (0,799578) = 0,797522$$

Pada kasus ini harga saham saat ini adalah 17,44 dollar dan harga pelaksanaan-nya sebesar 16,00 dollar. Dengan tingkat suku bunga sebesar 0,0025 dan dividen 0,01 yang dibayarkan secara kontinu dan konstan, misalkan pada saat jatuh tempo harga saham turun menjadi 12,00 dollar atau naik menjadi 20,00 dollar. Misalkan investor (penjual opsi) tersebut menjual 100 opsi *call*. Pada kasus ini diasumsikan modal yang didapatkan untuk berinvestasi di peroleh melalui pinjaman bank dengan bunga yang telah diketahui sebesar 0,0025.

Berikut adalah hal yang terjadi jika terjadi kenaikan harga saham menjadi 20,00 dollar atau penurunan harga saham menjadi 16,00 dollar. Dalam hal ini, ada 2 kasus yang harus kita perhatikan. Pertama, keadaan apabila investor melakukan delta *hedging*, yaitu membeli saham sebanyak 0,797522(100) ≈ 80 lembar saham. Akibatnya, *cash flow* total yang terjadi pada saat waktu jatuh tempo dijumlahkan dengan *cash flow* yang terjadi akibat transaksi saham. Kedua, keadaan apabila investor tidak melakukan delta *hedging.* Skenario yang mungkin terjadi dalam penerapan *delta hedging* untuk opsi *call* tipe Eropa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Strategi Delta *Hedging* dalam Perubahan Harga Saham untuk Opsi *Put*

Perubahan Harga Saham	*Cash Flow*		
	$t = 0$	Saat Jatuh Tempo (t=0,2575)	Total
Harga Naik menjadi 20 dollar			
Melakukan delta *hedging*	-1223,889	960	-24,676
Tidak melakukan delta *hedging*	162,511	-400	237,384
Harga Turun menjadi 12 dollar			
Melakukan delta *hedging*	-1223,889	960	-264,676
Tidak melakukan delta *hedging*	162,511	0	162,617

Dari uraian di atas terlihat bahwa saat harga saham naik di waktu jatuh tempo, sebaiknya investor (penjual opsi *call*) melakukan delta *hedging* untuk meminimumkan kerugian. Sebaliknya, saat harga saham turun di waktu jatuh tempo, sebaiknya investor tidak melakukan delta *hedging.*

Untuk opsi *put*, rasio lindung nilai atau delta *hedging* selalu bernilai negatif. Pada kasus ini, delta *hedging* dari opsi *put* dengan harga pelaksanaan 16,00 dollar adalah sebagai berikut.

$$\Delta_p = e^{-D\tau}\left[N(d_1) - 1\right]$$
$$= e^{(-0,01\times 0,2575)}(0,799578 - 1) = -0,199906$$

Misalkan investor tersebut menjual 100 opsi *put*. Pada kasus ini diasumsikan modal yang didapatkan untuk berinvestasi diperoleh melalui pinjaman bank dengan bunga yang telah diketahui sebesar 0,0025. Berikut adalah hal yang terjadi jika terjadi kenaikan harga saham menjadi 20,00 dollar atau penurunan harga saham menjadi 16,00 dollar. Dalam hal ini, ada 2 kasus yang harus kita perhatikan. Pertama, keadaan apabila investor melakukan delta *hedging*, yaitu menjual saham sebanyak -0,199906 (100) ≈ -20 lembar saham. Kedua, keadaan apabila investor tidak melakukan delta *hedging*. Skenario yang mungkin terjadi dalam penerapan *delta hedging* untuk opsi *call* tipe Eropa dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4. Strategi Delta *Hedging* dalam Perubahan Harga Saham untuk Opsi *Put*

Perubahan Harga Saham	*Cash Flow*		
	$t = 0$	Saat jatuh tempo (t=0,2575)	Total
Harga Naik menjadi 20 dollar			
Melakukan delta hedging	370,767	-400	-28,994
Tidak melakukan delta hedging	21,967	0	21,981
Harga Turun menjadi 12 dollar			
Melakukan delta hedging	370,767	160	531,006
Tidak melakukan delta hedging	21,967	400	421,981

Dari uraian di atas terlihat bahwa saat harga saham naik di waktu jatuh tempo, maka sebaiknya investor tidak melakukan delta *hedging* untuk me minimalisir kerugian. Sedangkan saat harga saham turun di waktu jatuh tempo, sebaik nya investor melakukan delta *hedging.*

KESIMPULAN

Investasi bisa dilakukan dengan banyak cara, salah satunya adalah dengan opsi. Opsi terbagi menjadi dua macam berdasarkan jenis hak yang diberikan kepada pemegangnya, yaitu opsi *call* dan opsi *put*. Sedangkan berdasarkan waktu pelaksanaan, opsi dibagi menjadi dua yaitu opsi tipe Eropa dan opsi tipe Amerika. Nilai opsi pada jatuh tempo bisa didekati dengan model *Black Scholes*. Dalam penulisan ini, model *Black Scholes* diberikan pengaruh pembagian dividen secara tetap. Beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah

(a) Model *Black Scholes* untuk opsi *call* dan opsi *put* saham tipe Eropa dengan pembagian dividen dapat dinyatakan sebagai berikut

$$C = S(0)e^{-D\tau}N(d_1) - Ke^{-r\tau}N(d_2),$$

$$P = Ke^{-r\tau}N(-d_2) - S(0)e^{-D\tau}N(-d_1),$$

dengan

$$d_1 = \frac{\ln(S(0)/K) + (r - D + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}},$$

$$d_2 = \frac{\ln(S(0)/K) + (r - D - \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}.$$

Adanya pengaruh pembagian dividen pada model *Black Scholes* untuk opsi tipe Eropa ini menyebabkan semakin rendahnya harga opsi *call* dan semakin tingginya harga opsi *put*.

(b) Risiko berinvestasi opsi dapat di-minimalisir dengan melakukan delta *hedging*, dimana *hedge ratio* (rasio lindung nilai) dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\Delta_c = e^{-D\tau}N(d_1)$$

$$\Delta_p = e^{-DT}\left(N(d_1) - 1\right)$$

Penjual opsi *call* akan memperoleh keuntungan jika harga saham turun pada waktu jatuh tempo, sedangkan untuk opsi *put*, penjual opsinya akan memperoleh keuntungan jika harga saham naik pada saat jatuh tempo. Jika kondisi yang terjadi pada saat jatuh tempo tidak sesuai dengan yang diharapkan investor penjual opsi (harga saham pada saat jatuh tempo mengalami kenaikan untuk pemegang opsi *call* atau harga saham pada saat jatuh tempo mengalami penurunan untuk pemegang opsi *put*) maka penjual opsi akan mengalami kerugian yang tak terbatas. Oleh karena itu, untuk meminimalisir kerugian yang mungkin dialami, investor sebaiknya melakukan delta *hedging* dengan cara membeli saham untuk pemegang opsi *call* dan menjual saham untuk pemegang opsi *put*.

(c) Penerapan model *Black Scholes* ini dilakukan pada data *Bank of America Corporation*. Dalam hal ini dapat dilihat bahwa nilai opsi *call* dengan adanya pembagian dividen akan lebih rendah dari pada nilai opsi *call* tanpa memperhitungkan dividen. Sebaliknya, pembagian dividen akan menyebabkan peningkatan nilai opsi *put* daripada nilai opsi *put* tanpa memperhitungkan dividen. Untuk penerapan *hedge ratio* (rasio lindung nilai), telah dilakukan analisis skenario. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa jika harga saham pada saat jatuh tempo mengalami kenaikan maka sebaiknya penjual opsi *call* melakukan delta *hedging*. Sedang kan untuk pemegang opsi put sebaik nya melakukan *delta hedging* jika harga saham pada saat jatuh tempo mengalami penurunan. Delta *hedging* ini dilakukan untuk meminimalisir kerugian yang dialami investor yang berperan sebagai penjual opsi.

DAFTAR PUSTAKA

Closing Price. (2013). **Available from**: http://www.finance.yahoo.com. [diakses pada tanggal 19 Maret 2014].

Hull, J.C. (2003). **Option Future and Other Derivative**. University of Toronto: Prentice hall International Inc.

Lee, C.F., dan J. Lee. (2010)**. Handbook of Quantitative Finance and Risk Management**.USA: Center for PBBEF Research.

Oksendal, B. (2000). **Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications**.Fifth Edition, Corrected PrintingSpringer-Verlag Heidelberg, New York.

Sharpe, W.F.(1995). **Investment, 6 ed**. New Jersey: Prentice Hall, inc.

Wilmott, P., S. HowisondanJ. Dewynne. (1995). **The Mathematical of Finance Derivatives.** USA. Press Syndicate of the University of Cambridge.