

Penentuan Harga Opsi (call) Asia Menggunakan Metode *Lattice multinomial*

Nur Roza Fitriyana¹, Deni Saepudin², Irma Palupi³

^{1,2,3} Prodi S1 Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom Jalan Telekomunikasi No.1, Dayeuh Kolot, Bandung 40257 fitriyanaroza@gmail.com¹, denisaepudin@telkomuniversity.co.id², irma.palupi@gmail.com³

Abstrak

Opsi dalam saham adalah suatu hak yang didasarkan oleh suatu perjanjian kesepakatan antara penjual dan pembeli suatu opsi saham, pada tingkat harga yang sudah disepakati diawal oleh kedua belah pihak dan dalam jangka waktu tertentu selama masa kontrak tersebut berlangsung. Opsi Asia adalah jenis opsi yang perhitungan keuntungan (laba) pada saat meng-exercise opsinya bergantung pada rata-rata harga aset sepanjang masa kontrak opsi tersebut berlangsung.

Dalam Tugas Akhir ini dibahas cara menentukan harga opsi Asia tipe Eropa, jenis opsi beli (call option), dengan menggunakan metode *lattice multinomial*. Opsi Asia tipe Eropa hanya bisa di exercise pada saat maturity time atau pada saat tanggal jatuh tempo dari opsi tersebut. Kemudian metode yang di gunakan adalah metode *lattice multinomial*, metode *lattice* adalah metode yang digunakan untuk menghitung dan memodelkan pergerakan harga saham dengan membagi waktu antara sekarang hingga saat berakhirnya opsi (maturity time) ke dalam periode diskrit. Dalam perhitungan opsi (call) Asia ada beberapa parameter yang dibutuhkan, yaitu parameter untuk harga kesepakatan (X), parameter untuk nilai suku bunga (r), dan parameter nilai saham (S). Semakin besar nilai X maka harga opsi yang dihasilkan akan semakin kecil, sementara semakin besar nilai r maka harga opsi yang dihasilkan akan semakin besar. Sehingga dapat disimpulkan metode *multinomial lattice* dapat digunakan untuk menghitung opsi (call) Asia tipe Eropa.

Kata kunci : *opsi asia, metode lattice, lattice multinomial, call option*

Abstract

In stock, option is a right that is grounded by a treaty agreement between the seller and buyer of a stock option, at a price that has been agreed upon by both parties at the beginning and in a certain time during the contract period lasts. Asian option is a type of option that calculation of benefits while clicking the option exercise depend on averaging asset prices throughout the period of the option contract lasts.

In this final project discussed how to determine the price of the Asian option European type, the type of call option, using *multinomial lattice*. Europe Asia option type can only be exercised at the time of maturity time or on the date of maturity of the option. Then the methods used is a *multinomial lattice* method, *lattice* method is the method used to calculate and model the movement of stock prices by dividing the time between now and the expiry of options (maturity time) into discrete period. In the calculation of option (call) Asia there are some parameters that are needed, the parameters for the strike price (X), the parameters for the value of the interest rate (r), and the parameter value of the stock (S). The larger the value of X, the resulting option price will be smaller, while the greater the value r dihasilka the option price will be even greater. It can be concluded *multinomial lattice* method can be used to calculate the option (call) Asian European type.

Keywords : *Asian option, lattice method, lattice multinomial and call option.*

1. Pendahuluan

Opsi adalah suatu kontrak yang berisi hak (bukan kewajiban) kepada pemegang opsi untuk membeli atau menjual suatu aset dengan harga dan waktu pelaksanaan yang telah disepakati dalam perjanjian sebelumnya. Sebagaimana layaknya saham, opsi juga merupakan surat berharga yang dapat diperjual-belikan, tetapi yang diperjual-belikan adalah hak jual dan hak beli dari opsi tersebut. Opsi tidak akan memiliki nilai apabila pada saat sudah jatuh tempo pemegang opsi tidak menggunakan haknya untuk meng-exercise opsi tersebut.

Berdasarkan waktu pelaksanaannya, opsi terbagi dua jenis, yaitu European style dan American style. Opsi dengan European style adalah jenis opsi yang masa pengeksekusiannya pada saat masa opsi berakhir atau saat

jatuh tempo (maturity time) [10]. Sementara opsi dengan American style adalah opsi dengan masa pengeksekusiannya kapanpun sepanjang masa opsi tersebut masih berlaku [6].

Berdasarkan bentuknya opsi juga terbagi atas dua jenis, yaitu opsi jual dan opsi beli. Opsi beli atau yang sering disebut *call option* adalah suatu kontrak yang berisi hak untuk membeli sebuah aset dengan harga yang sudah disepakati sebelumnya. Sedangkan opsi jual atau yang biasa disebut *put option* adalah suatu hak untuk menjual sebuah aset atau efek dengan harga yang sudah disepakati sebelumnya.

Opsi Asia adalah opsi eksotik yang perhitungan payoffnya ditentukan oleh rata-rata nilai aset yang mendasari selama masa opsi tersebut berlangsung. Opsi Asia pertama kali

diperkenalkan oleh Boyle (1996) dan Emanuel (1980) [7] dan pertama kali digunakan oleh Ingersol. Opsi asia awalnya pertama kali diperdagangkan di pasar Asia saja, terutama di Tokyo [4].

Terdapat banyak metode untuk menentukan harga opsi Asia, salah satunya menggunakan metode lattice. Metode lattice adalah metode yang digunakan untuk memetakan semua nilai dari opsi saham pada saat ini hingga saat jatuh tempo (maturity time). Dalam tugas akhir ini akan

dijelaskan bagaimana menentukan harga opsi asia dengan European style dan path-dependent option menggunakan metode lattice multinomial dengan menghitung harga opsi berdasarkan rata-rata harga opsi selama masa opsi tersebut berlangsung hingga pada saat sudah jatuh tempo (maturity time).

2. Opsi Asia Menggunakan Metode Multinomial lattice

2.1 Return Saham

Return pada saham merupakan hasil dari keuntungan atau kerugian yang diperoleh dari suatu investasi saham. Nilai return pada saham bisa positif ataupun negatif, tergantung dari data sahamnya. Jika return saham bernilai positif maka itu berarti mendapatkan keuntungan (capital gain). Sedangkan jika return saham bernilai negatif berarti rugi (capital lost).

$$R_{s,t}(t) = \frac{S_{s,t}(t) - S_{s,t}(t-1)}{S_{s,t}(t-1)} \tag{1}$$

dimana,

- $R_s(t)$: return terhadap saham
- $S(t)$: harga saham pada waktu ke t
- $S(t-1)$: harga saham pada periode sebelumnya
- $S(t_0)$: harga saham saat periode sekarang

2.2 Variansi

Variansi saham adalah ukuran penyebaran data. Variansi merupakan salah satu parameter bagi distribusi normal. Variansi digunakan untuk mengetahui seberapa jauh penyebaran nilai dari hasil observasi terhadap rata-rata.

Untuk menghitung variansi return saham dapat menggunakan rumus pada persamaan (2) berikut ini:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=0}^n (R_{s,t}(t) - E(R_{s,t}(t)))^2}{n} \tag{2}$$

dimana,

$R_{s,t}(t)$: return terhadap saham

dari volatilitas return saham dalam hal ini adalah akar dari nilai variansi return saham pada persamaan (2). Maka rumusnya seperti persamaan (3) berikut ini:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \tag{3}$$

dimana,

- σ : volatilitas return saham
- σ^2 : variansi return saham

2.4 Opsi Asia

Opsi asia adalah opsi yang perhitungan payoff nya berdasarkan rata-rata nilai aset yang mendasari selama masa opsi tersebut berlangsung. Oleh karena payoff nya dari opsi ini kurang berfluktuasi. Opsi ini memberikan hak pada pemiliknya untuk membeli saham pada saat jatuh tempo dengan exercise price yang telah ditentukan.

Model dinamika nilai return kontinu untuk aset yang mendasari opsi adalah:

$$\frac{dS}{S} = r dt + \sigma dW_t$$

dimana,

- S : nilai saham (aset)
- r : tingkat bunga bebas resiko
- dW_t : gerak brown yang mengikuti proses wiener
- σ : Jarak antara fluktuasi naik/turun suatu saham (volatilitas)
- τ : waktu jatuh tempo

Dalam model binomial, jika S_t adalah saham pada waktu ke-t, maka S_t mempunyai dua kemungkinan, yaitu

kemungkinan saham naik yang dinyatakan dengan S_{t+1}^u dengan probabilitas p dan kemungkinan saham turun yang dinyatakan dengan S_{t+1}^d dengan probabilitas 1-p.

Metode binomial pertama kali diperkenalkan oleh Cox, Ross and Rubinstein tahun 1979, atau sering disebut dengan model CRR. Untuk mencari nilai u,d dan p kita perlu menggabungkan beberapa persamaan dari model binomial CRR, yaitu dengan menggabungkan persamaan model binomial diskrit dan model binomial kontinu.

Ekspektasi dari model diskrit dirumuskan pada persamaan (4) seperti berikut ini :

$$E(S_{t+1}) = p S_{t+1}^u + (1 - p) S_{t+1}^d \tag{4}$$

Kemudian ekspektasi dari model kontinu dirumuskan pada persamaan (5)

$$E(S_{t+1}) = S_t e^{r \Delta t} \tag{5}$$

Dari persamaan (4) dan (5) di atas, kita dapat menggabungkan persamaan tersebut menjadi persamaan (6) berikut ini:

n : banyaknya total harga saham

2.3 Volatilitas

Volatilitas adalah tingkat ketidakpastian yang terjadi pada

bursa saham yang bisa mempengaruhi harga opsi. Nilai

$$C = S + (1 - d) \rightarrow C = \frac{S - d}{d - 1} \quad (6)$$

dimana,

$$d = \frac{S - C}{S - C}$$

d : nilai penurunan saham

u : nilai kenaikan saham
 p : probabilitas saham Sn akan naik pada n+1

r menunjukkan return tanpa risiko per periode. Baik $d \leq R \leq u$ dan $0 \leq p \leq 1$ harus dipenuhi untuk menghindari peluang arbitrase. mereka bisa statis ketika $N > r^2 \tau / \sigma^2$.

Kemudian untuk nilai variansi dari model kontinu kita memiliki persamaan (7) dan (8) berikut ini:

$$\sigma^2 = \frac{1}{\Delta t} (u^2 - 2u + 1) \Delta t \quad (7)$$

$$E(S_{t+\Delta t}^2) = E(S_t^2) + \sigma^2 S_t^2 \Delta t$$

$$\begin{aligned} \text{Var}(S_{t+\Delta t}) &= E(S_{t+\Delta t}^2) - (E(S_{t+\Delta t}))^2 \\ &= E(S_t^2) + \sigma^2 S_t^2 \Delta t - (E(S_t) + r S_t \Delta t)^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Dari model diskrit kita punya persamaan (9) berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Var}(S_{t+\Delta t}) &= \text{Var}(S_t) + (1 - p) \text{Var}(S_t) \\ &= \text{Var}(S_t) + (1 - p) \text{Var}(S_t) \end{aligned} \quad (9)$$

Dengan menggabungkan persamaan (8) dan (9) di atas, maka kita dapatkan persamaan (10) berikut ini:

$$\sigma^2 S_t^2 \Delta t = \text{Var}(S_t) + (1 - p) \text{Var}(S_t) \quad (10)$$

Dari persamaan (6) dan (10) maka kita dapat asumsikan nilai $u \cdot d = 1$, maka kita dapatkan persamaan u, d dan p sebagai berikut ini:

$$u = \frac{1}{d} = \beta + \sqrt{\beta^2 - 1}$$

$$d = \frac{1}{u} = \beta - \sqrt{\beta^2 - 1}$$

dengan $\beta = \frac{1}{2} (e^{r \Delta t} + e^{-r \Delta t})$

dan $p = \frac{1}{2} (1 + \frac{r \Delta t}{\sigma^2})$

Maka diperoleh parameter Binomial Moder CRR adalah sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} u &= e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \\ d &= e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} \end{aligned} \quad (11)$$

dimana,

$$\Delta t = \frac{T}{N} \quad (12)$$

- σ : volatilitas return saham
- T : waktu hingga jatuh tempo (maturity time).
- N : banyaknya langkah waktu
- Δt : interval waktu

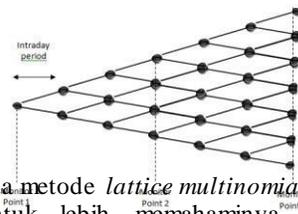
N menunjukkan jumlah monitor poin dan membiarkan setiap interval waktu antara dua titik yang berdekatan

option dan put option dibandingkan dengan metode sebelumnya yaitu model black-scholes yang hanya dapat menghitung opsi tipe eropa dan call option Amerika [8].

Metode lattice multinomial yang akan dibahas pada tugas akhir ini merupakan pengembangan dari metode lattice binomial. Metode *lattice multinomial* ini memiliki lebih banyak node dibandingkan dengan metode lattice binomial, oleh karena itu metode ini membuat nilai

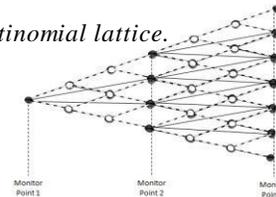
akurasi lebih tinggi. Pada metode ini, setiap node memiliki

4 cabang yang menggantikan 2 node untuk konektivitas yang mendasari metode lattice binomial. Secara umum,



setiap node pada metode *lattice multinomial* memiliki I + 1 cabang. Untuk lebih memahaminya, maka akan

disimulasikan dalam bentuk gambar node-node pada binomial dan *multinomial lattice*.



Gambar 1 binomial tree

Source : journal of Efficient pricing of discrete Asian options

Gambar 2 multinomial tree

Source : journal of Efficient pricing of discrete Asian

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa *multinomial lattice* adalah bentuk transformasi dari *binomial lattice*

dipartisi menjadi i langkah waktu. Sekarang $N = n_i$ adalah jumlah langkah waktu. Jalan dari simpul akar ke simpul pada saat jatuh tempo berisi $N + 1$ harga dari S_0, S_1, \dots, S_N .

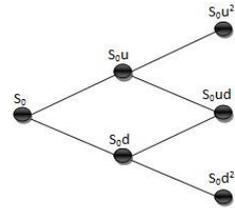
2.5 Multinomial lattice

Metode lattice adalah metode yang digunakan untuk menghitung dan memodelkan pergerakan harga saham hingga saat jatuh tempo secara sederhana untuk

menghitung harga opsi pada saat sekarang. Metode ini lebih populer karena bisa memodelkan langsung *call*

dengan menghilangkan beberapa intraday periods.

Dalam metode ini dibutuhkan nilai kemungkinan kenaikan dan penurunan saham pada setiap node. Oleh karena itu perlu dimodelkan kenaikan dan penurunan saham untuk dapat menghitung nilai opsi. Untuk mempermudah, akan disimulasikan menggunakan Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 nilai kemungkinan kenaikan dan penurunan saham
Source : *journal of Efficient pricing of discrete Asian options*

Dari Gambar 3 dapat dilihat skema kemungkinan kenaikan dan penurunan saham tiap node. Jika node

mengalami kenaikan maka yang akan ditambah adalah nilai u (up) dan jika node mengalami penurunan maka

yang akan ditambahkan adalah nilai d (down).

2.6 Nilai Opsi Asia

Setiap holder berhak membeli kontrak opsi dengan harga yang lebih kecil dibandingkan harga yang ditawarkan oleh writer. Oleh karena itu nilai *payoff* standard untuk sebuah opsi *call* dihitung dengan menggunakan persamaan (13).

$$C = \max\{S - X, 0\} \tag{13}$$

dimana,

- S : nilai saham
- X : harga saham yang ditawarkan

Setiap holder berhak untuk tidak menjual opsinya jika harga yang ditawarkan lebih kecil dari harga beli opsi tersebut, maka nilai *payoff* standard untuk sebuah opsi put dihitung dengan menggunakan persamaan (14)

$$P = \max\{X - S, 0\} \tag{14}$$

dimana,

- S : Nilai saham
- X : Harga saham yang ditawarkan

Dari pernyataan di atas, maka dapat dibentuk rumus *payoff* opsi Asia tipe Eropa diskrit untuk opsi *call* pada

saat jatuh tempo, yaitu:

$$C = \frac{1}{u+1} \sum_{i=0}^n (S_i - X) \tag{15}$$

dimana,

- n : jumlah banyaknya saham
- S_i : nilai saham
- X : harga saham yang ditawarkan (harga kesepakatan)

Sebuah *path* mempunyai harga (S₀, S₁, ..., S_n), 0 ≤ I ≤ n, memiliki jumlah harga sampai saat ini sama dengan

$$S_n = S_0 + S_1 + \dots + S_n \tag{17}$$

$$S_n = S_0 + S_1 + \dots + S_n$$

P adalah *running sum* yang sesuai dengan rata-rata dari $\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n S_i$ atau $\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n S_i$ tergantung pada jenisnya. Berbeda dengan versi yang kontinu, perubahannya hanya terjadi pada monitor poin untuk opsi Asia diskrit. Kondisi pada saat (n+1, S_{n+1}, Q) berkaitan dengan kondisi pada saat ini (n, S_n, P) melalui

$$S_{n+1} = S_n + S_{n+1}$$

$$S_n = S_0 + S_1 + \dots + S_n$$

Untuk model binomial, ketika n+1 sebagai *monitor point* maka:

$$\begin{aligned} & (S_n + 1, S_{n+1}, S_{n+1}) \\ & (S_n - 1, S_{n+1}, S_{n+1}) \end{aligned}$$

Ketika n+1 bukan sebagai titik monitor maka:

$$\begin{aligned} & (S_n + 1, S_{n+1}, S_{n+1}) \\ & (S_n - 1, S_{n+1}, S_{n+1}) \end{aligned}$$

Untuk setiap keadaan (n, S_n, P) nilai untuk standar opsi Asia diskrit yang sesuai dengan nilai V(n, S_n, P) adalah persamaan (18).

$$V(n, S_n, P) = \frac{1}{u+1} \sum_{i=0}^n (S_i - X) \tag{18}$$

dimana,

Ketika (X)₊ berarti nilai max(X,0). Karena S_i merupakan variabel acak, maka harga bebas arbitrase *payoff* opsi Asia dapat dinyatakan pada persamaan (16).

P_n : *running sum* pada waktu ke n
 n : jumlah banyaknya langkah
 X : harga saham yang ditawarkan
 (harga kesepakatan)

$$P_n = E \left[\sum_{i=0}^{n-1} (1+R)^{-i} X_i \right] + (1+R)^{-n} X_n \tag{16}$$

dimana,

E : ekspektasi
 n : jumlah banyaknya langkah
 S_i : nilai saham

X : harga saham yang ditawarkan (harga kesepakatan)
 R : *return* tanpa resiko per periode

2.7 Menghitung nilai opsi call Asia pada saat sekarang dengan melakukan *discount* dari nilai *payoff*

Formula harga menetapkan bahwa nilai opsi saat ini sama dengan diskon, diharapkan nilai opsi masa depan adalah

$$P_n = \frac{p V_{n+1} + (1-p) V_{n+1}}{(1+R)^{-1}} \tag{19}$$

dimana,

p : probabilitas harga saham S_n akan naik pada $n+1$
 $1-p$: probabilitas harga saham S_n akan turun pada $n+1$
 R : *return* tanpa resiko per periode



- $\diamond + 1, \diamond + \diamond + \diamond$: nilai pada saat keadaan naik (jika n+1 adalah titik monitor)
- $\diamond + 1, \diamond + \diamond + \diamond$: nilai pada saat keadaan turun (jika n+1 adalah titik monitor)
- $\diamond + 1, \diamond + \diamond$: nilai pada saat keadaan naik (jika n+1 bukan titik monitor)
- $(\diamond + 1, \diamond + \diamond)$: nilai pada saat keadaan turun (jika n+1 bukan titik monitor)

2.8 Nilai Ekspektasi Opsi Call Asia

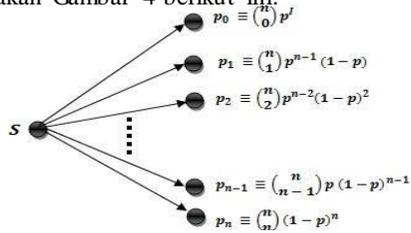
Ekspektasi opsi adalah nilai opsi dilihat dari peluang kemungkinan dari opsi tersebut. Untuk menghitung nilai ekspektasi opsi, kita perlu menghitung nilai peluang dari tiap node, maka dibutuhkan persamaan (20) berikut ini:

$$p_{n,j} = \binom{n}{j} p^j (1-p)^{n-j}, \quad j = 0, 1, \dots, n \quad (20)$$

dimana,

- $p_{n,j}$: nilai kemungkinan peluang tiap node
- p : probabilitas naik
- $1-p$: probabilitas turun
- n : jumlah banyaknya node
- j : letak node

Untuk lebih jelasnya maka akan dijelaskan cara menghitung nilai kemungkinan peluang tiap node menggunakan Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4 peluang masing masing node

Source : journal of Efficient pricing of discrete Asian options

Setelah didapatkan nilai peluang dari tiap node menggunakan rumus pada persamaan (20), maka persamaan untuk menghitung nilai ekspektasi opsi Asia adalah persamaan (21) berikut :

$$E = \sum_{j=0}^n p_{n,j} S_j \quad (21)$$

3. Analisis Hasil Pengujian

Pada pengujian kali ini data yang diambil adalah data saham dari perusahaan Microsoft Co. (MSFT) yang akan digunakan sebagai data acuan untuk menentukan nilai opsi asia tersebut. Data saham tersebut diambil melalui situs resmi yahoo finance yang diambil mulai dari tanggal 2 April 2013 sampai 2 April 2015.

Sebelum dilakukan perhitungan nilai opsi ada beberapa parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu, diantaranya adalah penentuan harga saham yang akan dijadikan acuan. Harga saham yang akan dijadikan acuan dalam perhitungan ini adalah harga saham close dengan nilai $S_0 = 40.29$.

Setelah menentukan harga saham yang akan digunakan sebagai acuan, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai return untuk menganalisis apakah saham tersebut mengalami keuntungan atau kerugian. Apabila nilai return saham bernilai positif maka itu berarti mendapatkan keuntungan (capital gain). Sedangkan jika return saham bernilai negatif berarti rugi (capital lost).

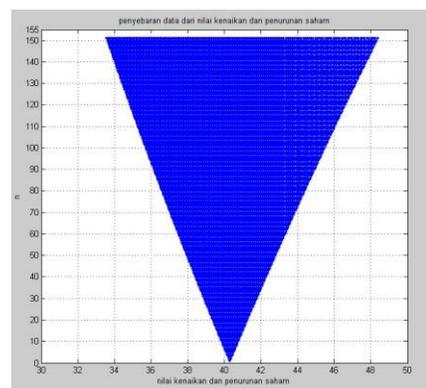
Dari data return tersebut dapat ditentukan parameter parameter lain yang akan digunakan untuk perhitungan harga opsi Asia. Diantaranya adalah menghitung variansi untuk mendapatkan nilai volatilitas menggunakan persamaan (2) dan (3) pada BAB II. Berikut ini nilai yang didapat:

- Variansi (σ^2) = 0.000224
- Volatilitas (σ) = 0.014968

Sehingga dapat ditentukan nilai $\Delta t = 1/n$ dan $\sigma = 0.014968$, maka dapat ditentukan nilai parameter u, d dan p adalah sebagai berikut ini:

- $u = 1.0012$
- $d = 0.9988$
- $p = 0.5620$

Setelah mendapatkan nilai dari parameter-parameter yang dibutuhkan, selanjutnya dapat ditentukan nilai kemungkinan saham. Nilainya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 grafik nilai kenaikan dan penurunan saham

Tabel 1 merupakan perkiraan harga opsi call Asia. Hasil perhitungan secara komputasi pada kolom tabel. Nilai opsi yang didapat berdasarkan data pengamatan yang digunakan yaitu pada saat awal 2 April 2013 hingga data

pada 2 April 2015. Dengan nilai $r = 2.29\%$, $n = 151$, $N = 51$ dan nilai $X = 39$.

Tabel 1 Harga opsi call Asia

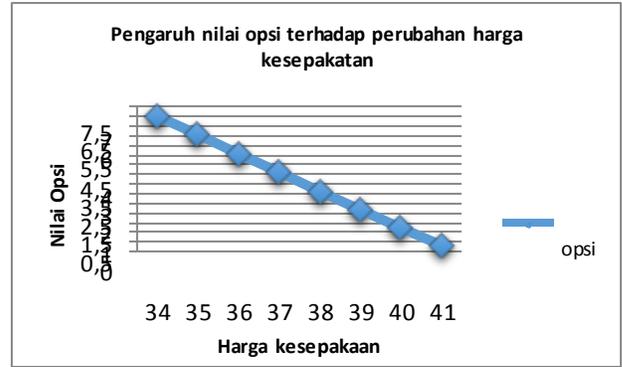
N	Tabel Nilai Ekspektasi Opsi		
	S0	nilai opsi	ekspektasi opsi
0	40.29	2.1672	2.1672
1	40.29	2.1672	2.1682
2	40.29	2.1672	2.1692
3	40.29	2.1672	2.1702
4	40.29	2.1672	2.1712
5	40.29	2.1672	2.1721
6	40.29	2.1672	2.1731
7	40.29	2.1672	2.1741
...
...
48	40.29	2.1672	2.2151
49	40.29	2.1672	2.2161
50	40.29	2.1672	2.2171

3.1 Pengujian terhadap nilai sensitivitas

Berikut ini akan dilakukan pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai kesepakatan (X), dengan nilai $r = 2.29\%$, $n = 151$, $N = 51$, $t = 1$ dan menggunakan pengujian terhadap beberapa nilai $X = 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41$

Tabel 2 Pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai kesepakatan (X) pada $t=1$

r	Tabel Hasil Pengujian	
	X	opsi
2.29%	34	7.054742647
	35	6.077234198
	36	5.09972575
	37	4.122217302
	38	3.144708855
	39	2.167213622
	40	1.194447113
	41	0.358176171



Gambar 6 Grafik pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai kesepakatan (X) pada $t=1$

Pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai kesepakatan (X), dengan nilai $r = 2.29\%$, $n = 151$, $N = 51$, t saat jatuh tempo dan menggunakan pengujian terhadap beberapa nilai $X = 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41$

Tabel 3 Pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai kesepakatan (X) pada $t=$ jatuh tempo

r	Tabel Hasil Pengujian	
	X	opsi
2.29%	34	7.217065652
	35	6.217065652
	36	5.217065652
	37	4.217065652
	38	3.217065654
	39	2.217080359
	40	1.221945175
	41	0.366886525



Gambar 7 Grafik pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai kesepakatan (X) pada $t=$ jatuh tempo

Dari data-data di atas dapat disimpulkan bahwa nilai opsi mengalami perubahan. Semakin besar strike price (X) yang ada maka harga opsi yang didapatkan akan semakin kecil.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai interest rate (r), dengan nilai X = 39, n = 151, N = 51, t = 1 dan menggunakan pengujian terhadap beberapa nilai r = 2.29%, 2.24%, 2.31%, 2.27%, 2.28%, 2.35%, 2.33%, 2.30%

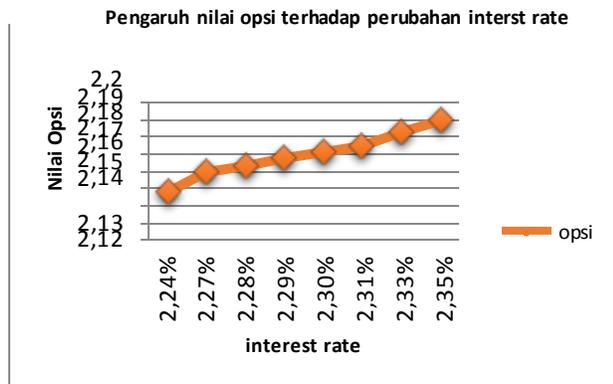
Tabel 4 Pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai interest rate (r) pada t = 1

X	Tabel Hasil Pengujian	
	R	opsi
39	2.24%	2.148275752
	2.27%	2.159639571
	2.28%	2.163426779
	2.29%	2.167213622
	2.30%	2.171000
	2.31%	2.174786209
	2.33%	2.182357331
	2.35%	2.189926984

	2.27%	2.208893199
	2.28%	2.21298657
	2.29%	2.217080359
	2.30%	2.221174566
	2.31%	2.22526919
	2.33%	2.233459689
	2.35%	2.241651855



Gambar 9 Grafik pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai interest rate (r) pada t= jatuh tempo



Gambar 8 Grafik pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai interest rate (r) pada t = 1

Pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai interest rate (r), dengan nilai X = 39, n = 151, N = 51, t pada saat jatuh tempo dan menggunakan pengujian terhadap beberapa nilai r = 2.29%, 2.24%, 2.31%, 2.27%, 2.28%, 2.35%, 2.33%, 2.30%

Tabel 5 Pengujian pengaruh nilai opsi terhadap perubahan nilai interest rate (r) pada t= jatuh tempo

X	Tabel Hasil Pengujian	
	r	opsi
39	2.24%	2.196615596

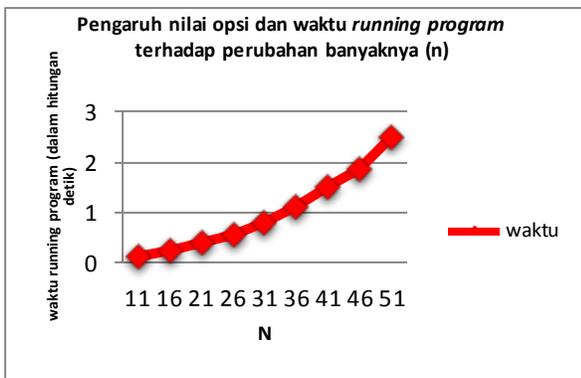
Dari data-data di atas dapat disimpulkan bahwa nilai opsi mengalami perubahan. Semakin besar nilai interest rate (r) yang ada, maka nilai opsi yang didapat akan semakin besar.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian pengaruh nilai opsi dan waktu running program terhadap perubahan nilai (n),

dengan nilai X = 39, t = 1 dan menggunakan pengujian terhadap beberapa nilai n = 31, 46, 61, 76, 91, 106, 121, 136, 151 dan nilai N= 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41, 46, 51. Maka berikut tabel dan penjelasannya:

Tabel 6 pengujian pengaruh nilai opsi dan waktu running program terhadap perubahan nilai (n)

t	Nilai Ekspektasi Opsi									
	n = 31, N = 11	n = 46, N = 16	n = 61, N = 21	n = 76, N = 26	n = 91, N = 31	n = 106, N = 36	n = 121, N = 41	n = 136, N = 46	n = 151, N = 51	
	time = 0.1341 (s)	time = 0.2440 (s)	time = 0.395128	time = 0.581444	time = 0.811723	time = 1.114331	time = 1.493447	time = 1.85987	time = 2.492354	
0	2.14491	2.15408	2.15872	2.16154	2.16342	2.16477	2.16579	2.16658	2.16721	
1	2.14650	2.15515	2.15953	2.16219	2.16396	2.16524	2.16620	2.16694	2.16754	
2	2.14808	2.15623	2.16035	2.16284	2.16451	2.16571	2.16661	2.16731	2.16787	
3	2.14967	2.15730	2.16116	2.16349	2.16505	2.16617	2.16702	2.16767	2.16820	
4	2.15126	2.15837	2.16197	2.16414	2.16560	2.16664	2.16743	2.16804	2.16853	
5	2.15285	2.15945	2.16278	2.16480	2.16614	2.16711	2.16784	2.16840	2.16886	
6	2.15444	2.16052	2.16359	2.16545	2.16669	2.16758	2.16825	2.16877	2.16919	
7	2.15603	2.16160	2.16440	2.16610	2.16723	2.16805	2.16866	2.16913	2.16952	
8	2.15762	2.16268	2.16522	2.16675	2.16778	2.16852	2.16907	2.16950	2.16984	
9	2.15922	2.16375	2.16603	2.16741	2.16833	2.16898	2.16948	2.16987	2.17017	
...	
n	2.19136	2.20178	2.20707	2.21027	2.21242	2.21396	2.21512	2.21602	2.21674	
N	2.19298	2.20288	2.20790	2.21094	2.21298	2.21444	2.21554	2.21639	2.21708	



Gambar 10 Grafik pengujian pengaruh nilai opsi dan waktu running program terhadap perubahan nilai (n)

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa banyaknya nilai (n) sangat berpengaruh terhadap nilai opsi dan juga akan berpengaruh terhadap perubahan lama nya waktu untuk running program. Semakin banyak nilai (n) yang diinputkan maka akan semakin besar juga nilai opsi tersebut, meskipun perbandingan nilai opsinya tidak terlalu jauh. Sama dengan nilai opsi, lamanya waktu untuk running program juga berpengaruh, yaitu semakin banyak nilai (n) yang diinputkan maka waktu yang dibutuhkan juga semakin lama.

Dari data di atas juga dapat disimpulkan bentuk kompleksitas algoritma pada program perhitungan opsi (call) Asia. Nilai kompleksitas algoritma yang dihasilkan adalah $O(n^2)$, yang berarti grafik pergerakannya membentuk pola algoritma kuadrat.

Analisis untuk keseluruhan percobaan di atas adalah perubahan nilai opsi bisa terjadi karena banyak pengaruh, diantaranya adalah pada perubahan harga kesepakatan (X), perubahan interest rate (r) dan perubahan nilai (n). Pada pengujian perubahan nilai (n) waktu running program berubah-ubah tergantung pada banyaknya nilai (n) yang diinputkan. Semakin besar nilai (n) maka waktu untuk memproses nilai opsinya tersebut akan semakin

lama.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan untuk menghitung opsi call Asia, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a) Metode *lattice multinomial* dapat digunakan untuk menghitung opsi call Asia tipe eropa dengan menggunakan skema lattice binomial.
- b) Perubahan nilai opsi dapat dipengaruhi oleh perubahan nilai harga kesepakatan (X), interest rate (r) dan banyaknya (n).
- c) Dari percobaan yang telah dilakukan didapat bahwa semakin besar harga kesepakatan (X), maka harga opsinya akan semakin kecil.

- d) Diketahui juga bahwa semakin besar nilai interest rate (r), maka nilai opsi akan semakin besar.
- e) Perubahan nilai (n) sangat berpengaruh terhadap waktu pengeksekusian program. Semakin besar nilai (n) maka waktu yang dihasilkan semakin besar, hal tersebut membuat kompleksitas algoritma yang di hasilkan membentuk pola kuadrat.

Daftar pustaka

- [1] Asna, M. (2011). Penentuan Harga Opsi Beli Eropa dengan Metode Simulasi Montecarlo .
- [2] Forsyth, P., Vetzal, K., & Zvan, r. (2002). CONVERGENCE OF NUMERICAL METHODS FOR VALUING PATH-DEPENDENT OPTIONS USING INTERPOLATION .
- [3] Harapan, R. (2007). Penentuan Harga Opsi Asia .
- [4] Hsu, W. W., & Lyuu, Y.-D. (2011). Efficient pricing of discrete Asian options. Applied Mathematics and Computation .
- [5] Khuriyanti. (2009). Penentuan Harga Opsi Asia.
- [6] Laprise, S. B., Fu, M. C., Marcus, S. I, Lim, A. E., & Zhang, H. (2006). Management Science. Pricing American-Style Derivative with European Call Option .
- [7] Linetsky, V. (2004). Spectral Expansions for Asian. Operation Research .
- [8] Raymond, A. (2009). Perhitungan Harga Opsi Vanilla dengan Menggunakan Metode Binomial dan Trinomial .
- [9] Tchomgouo, H. F., Gil, F. J., & Bartoszewicz, B. (2003). Ecotic Option .
- [10] Zhang, B., & Oosterlee, C. (2013). Efficient Pricing of European Style Asian Option under Exponential Levy Processes Based on Fourier Cosine Expansion .
- [11] Yahoo Finance, [online]. Available: <http://www.finance.yahoo.com> terakhir diakses tanggal 2 April 2015.
- [12] U.S Department Of The Treasury. Available: <http://www.treasury.gov/Pages/default.aspx> terakhir diakses tanggal 13 mei 2015.