

PENENTUAN HARGA KONTRAK OPSI TIPE EROPA MENGUNAKAN METODE *QUASI MONTE CARLO* DENGAN BARISAN KUASI-ACAK *HALTON*

I Gusti Putu Ngurah Mahayoga^{§1}, Komang Dharmawan², Luh Putu Ida Harini³

¹Jurusan Matematika, Fakultas MIPA - Universitas Udayana [Email: mahayoga@gmail.com]

²Jurusan Matematika, Fakultas MIPA - Universitas Udayana [Email: dharmawan.komang@gmail.com]

³Jurusan Matematika, Fakultas MIPA - Universitas Udayana [Email: ballidah@gmail.com]

[§]*Corresponding Author*

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan hasil simulasi harga saham untuk menentukan harga opsi *call* dari metode *Monte Carlo* dan metode *Quasi Monte Carlo* dengan menggunakan program Matlab. Harga standar yang digunakan untuk membandingkan kedua metode tersebut akan dihitung dengan metode *Black-Scholes*. Nilai *error* yang dihitung menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) digunakan sebagai acuan dalam perbandingan. Selain keakuratan simulasi harga saham, kecepatan eksekusi program Matlab kedua metode juga dihitung untuk efisiensi waktu. Tahap pertama, menentukan variabel-variabel yang digunakan untuk menghitung lintasan harga saham pada waktu ke- t pada saat mensimulasikan harga saham. Tahap kedua, menghitung harga standar menggunakan metode *Black-Scholes*. Tahap ketiga, mensimulasikan harga saham dengan metode *Monte Carlo* dan *Quasi Monte Carlo*. Setelah mensimulasikan harga saham, catat waktu eksekusi program Matlab, lalu dihitung nilai *pay-off* dari opsi *call*, kemudian menaksir harga opsi *call* dengan merata-ratakan seluruh nilai *pay-off* dari masing-masing iterasi. Tahap terakhir, menghitung *error* dari kedua metode simulasi dengan metode MAPE lalu membandingkannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Quasi Monte Carlo* lebih akurat karena menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil, artinya hasil simulasinya mendekati harga standar. Sedangkan untuk waktu eksekusi program, metode *Monte Carlo* lebih baik di semua iterasi.

Keywords: MAPE, *Monte Carlo*, Opsi, *Quasi-random Halton*, *Quasi Monte Carlo*.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan investasi belakangan ini berkembang sangat pesat. Investasi yang populer saat ini antara lain adalah investasi tanah, investasi emas, dan investasi saham. Semua contoh investasi tersebut memiliki risiko yang berbeda-beda. Investasi saham merupakan kegiatan investasi yang besar risikonya susah ditebak. Oleh karena itu banyak orang mulai berinvestasi di dunia saham karena dinilai lebih menantang [1]. Disamping saham, investor dapat memilih sekuritas yang mewakili saham yang disebut sebagai opsi (*option*). Opsi dapat mengurangi

dampak risiko dengan melakukan *hedging* (lindung nilai), artinya selain investor membeli atau menjual opsi, investor juga dapat membeli saham dari opsi tersebut. Opsi merupakan instrumen derivatif yang diperjualbelikan di pasar derivatif. Derivatif adalah produk finansial yang sebagian atau keseluruhannya merupakan turunan dari suatu induk aktiva (saham). Banyak investor yang menggunakan instrumen derivatif sebagai alat mengendalikan risiko, karena sangat mudahnya pasar keuangan berfluktuasi. *Risk management* (manajemen risiko) sesungguhnya adalah merupakan fokus utama kegiatan di pasar derivatif, yang dapat

digunakan oleh para investor untuk mengurangi berbagai macam risiko dengan cara membeli atau menjual suatu kontrak opsi kepada investor disertakan dengan membeli saham dari opsi tersebut. Hal itu dilakukan untuk memilah-milah risiko yang ada.

Menentukan harga opsi dengan jangka waktu tertentu tidaklah mudah. Model dan metode yang dapat digunakan untuk menentukan harga opsi yaitu *Binomial Option Pricing Model* (BOPM), model *Black and Scholes*, simulasi *Monte Carlo*, dan Metode *Quasi Monte Carlo*. Metode *Black Scholes* adalah metode yang digunakan untuk menentukan harga opsi pada umumnya [2]. Asumsi yang mendasari metode *Black Scholes* adalah harga saham mengikuti distribusi *lognormal*, tidak ada biaya transaksi atau pajak, tidak ada pembagian dividen selama masa hidup *options*, tidak ada peluang arbitrase yang tanpa risiko, perdagangan sekuritas bersifat kontinu, investor dapat meminjam dan meminjamkan pada tingkat suku bunga bebas risiko yang sama, dan suku bunga bebas risiko jangka pendek (r) konstan.

Seiring dengan semakin kompleksnya data di pasar modal maka metode yang digunakan untuk menentukan harga opsi juga semakin berkembang. Metode *Monte Carlo* merupakan alternatif yang sering digunakan untuk perhitungan numerik yang mengandung integral multidimensi dalam komputasi keuangan [3]. Metode *Quasi Monte Carlo* adalah metode yang mampu memberikan pendekatan yang lebih akurat dibandingkan dengan metode *Monte Carlo* [4]. Metode *Quasi Monte Carlo* merupakan metode *Monte Carlo* yang menggunakan barisan kuasi-acak sebagai pengganti dari bilangan acak semu. Barisan kuasi-acak dapat dibedakan menjadi barisan kuasi-acak *Van der Corput*, *Faure*, *Halton*, dan *Sobol*. Penelitian ini akan menggunakan salah satu dari keempat barisan kuasi-acak tersebut, yaitu barisan kuasi-acak *Halton*.

Harga opsi hasil simulasi yang didapatkan dengan menggunakan metode *Quasi Monte*

Carlo dengan barisan kuasi-acak *Halton*, keakuratan hasil simulasinya dapat ditentukan dengan ukuran akurasi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE menggunakan data hasil simulasi dan data yang diolah dengan menggunakan metode yang umum digunakan sebagai pembanding besarnya error. Metode *Quasi Monte Carlo* dan metode *Monte Carlo* akan dibandingkan dengan menggunakan MAPE. Yang hasilnya nanti akan digunakan sebagai acuan pembuatan kontrak yang ideal. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data saham peringkat pertama di dalam kumpulan saham LQ (Liquates) 45. Saham LQ45 berisikan saham-saham unggulan yang sering diperjualbelikan di pasar modal.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah studi kasus terhadap harga opsi tipe Eropa yang sahamnya terdapat di dalam kumpulan saham unggulan indeks LQ 45. Studi kasus yang dilakukan adalah dengan mensimulasikan data saham yang didapat guna menaksir harga opsi yang sesuai. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yang bersumber dari internet.

Data diambil dari kumpulan saham didalam indeks LQ 45, dengan data merupakan saham peringkat pertama dari saham-saham unggulan indeks LQ 45. Langkah-langkah untuk mencari harga opsi dengan menggunakan metode *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi-acak *Halton* adalah:

- 1) Mencari dan menentukan data historis saham,
- 2) Menentukan variabel yang diperlukan yaitu S_0 (harga saham mula-mula), K (*strike price*), T (waktu jatuh tempo opsi), r (suku bunga bebas risiko), σ (standar deviasi),
- 3) Menentukan harga opsi standar yang dihitung menggunakan metode *Black-Scholes*.
- 4) Mensimulasikan harga saham dengan

bantuan program komputer untuk mendapatkan nilai S_T dengan metode *Monte Carlo* dan *Quasi Monte Carlo*. Program yang digunakan untuk mensimulasikan harga saham itu adalah program Matlab. Di dalam program Matlab tersebut juga dapat dihitung dan dicatat waktu eksekusi program dari masing-masing metode. Saat menggunakan metode *Monte Carlo* variabel ϵ merupakan bilangan acak berdistribusi normal, sedangkan saat menggunakan metode *Quasi Monte Carlo* variabel ϵ merupakan barisan kuasi-acak *Halton*,

- 5) Menghitung nilai *pay-off* dari opsi *call*.
- 6) Menaksir nilai opsi *call* dengan meratakan *pay-off* dari opsi *call*.
- 7) Menghitung eror yang dihasilkan dari metode *Monte Carlo* dan *Quasi Monte Carlo* menggunakan MAPE.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Data Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah data historis saham peringkat pertama dari 45 saham unggulan yang tergabung di dalam indeks LQ45. Saham peringkat pertama dari indeks LQ45 adalah saham Astra Agro Lestari Tbk (AALIJK).

B. Variabel-Variabel untuk Penentuan Harga Opsi

Variabel yang digunakan untuk menentukan harga opsi tipe Eropa meliputi S_0 (harga saham awal), T (waktu jatuh tempo opsi), K (harga kesepakatan antara penjual opsi dan pembeli opsi di awal negosiasi), r (suku bunga bebas risiko yang dikeluarkan oleh pihak yang berwenang di tempat melakukan transaksi opsi), dan σ (volatilitas harga saham). Nilai dari S_0 dapat dilihat pada data historis penutupan harga saham Astra Agro Lestari Tbk terbaru yaitu tanggal 2 Januari 2014 sebesar 24650. Waktu jatuh tempo opsi ditentukan selama enam bulan,

sedangkan untuk suku bunga bebas risikonya sebesar 7.5% yang dikeluarkan oleh bank Indonesia. Harga kesepakatan antara penjual dan pembeli opsi di awal negosiasi (K) ditentukan sebesar 25000. Nilai volatilitas suatu saham (σ) dapat ditentukan dengan beberapa langkah yaitu:

1. Menentukan nilai R_t (imbal hasil saham pada waktu ke- t) dengan persamaan berikut:

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

2. Menentukan nilai $E(R_t)$ dengan persamaan berikut:

$$E(R_t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_t \quad (2)$$

3. Menentukan nilai *Var* dengan persamaan berikut:

$$Var = \sum_{t=1}^n \frac{[(R_t - E(R_t))]^2}{n} \quad (3)$$

4. Nilai volatilitasnya (σ) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \sqrt{Var} \quad (4)$$

Penghitungan pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai R_t dengan persamaan (1) saat $t = 1$ sebagai berikut:

$$R_1 = \ln \left(\frac{21800}{21750} \right) = 0.002296$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai $E(R_t)$ dengan menggunakan persamaan (2) dengan bantuan Microsoft Excel 2007 maka didapat nilai $E(R_t)$ adalah sebagai berikut:

$$E(R_t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_t = 0.000239776$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Var* menggunakan persamaan (3). Dengan bantuan software Microsoft Excel 2007 maka didapat nilai *Var* adalah sebagai berikut:

$$Var = \frac{\sum_{t=1}^n [(R_t - E(R_t))]^2}{n} = 0.000496$$

Langkah terakhir adalah menghitung volatilitas (σ) saham AALIJK dengan

persamaan (4) yang hasilnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\text{Var}} \\ &= \sqrt{0.000496} \\ &= 0.022\end{aligned}$$

Jadi didapat nilai dari volatilitas (σ) saham AALIJK adalah sebesar 0.022.

C. Proses dan Hasil Implementasi

Hasil implementasi berikut menggunakan input variabel-variabel untuk menentukan harga opsi *call*. Proses untuk mencapai hasil akhir yaitu harga opsi *call* tipe Eropa yang ideal dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu, menghitung harga opsi *call* dengan metode *Black-Scholes*.

Tahap kedua adalah menghitung harga opsi *call* dengan metode *Monte Carlo*. Tahap ketiga adalah menghitung harga opsi *call* dengan metode *Quasi Monte Carlo*.

Tahap terakhir adalah membandingkan metode *Monte Carlo* dan metode *Quasi Monte Carlo* dengan metode *Black-Scholes* menggunakan metode MAPE. Hasil dari perbandingan itu berupa eror dari metode *Monte Carlo* dan metode *Quasi Monte Carlo* yang nantinya kedua eror tersebut akan dibandingkan dan dipilih eror yang paling kecil.

Harga opsi yang ideal akan diperoleh dari metode yang menghasilkan eror terkecil, karena harga opsinya akan mendekati harga opsi standar yang dihitung dengan menggunakan metode *Black Scholes*. Selain membandingkan eror antara metode *Monte Carlo* dan metode *Quasi Monte Carlo*, akan dibandingkan juga waktu eksekusi program dari kedua metode tersebut dengan menggunakan program Matlab.

D. Menghitung Harga Opsi dengan Metode *Black-Scholes*

Penghitungan harga opsi *call* standar akan dilakukan dengan metode *Black-Scholes*. Secara manual penghitungan harga opsi *call* standar dengan metode *Black-Scholes Option Pricing Model* dapat dihitung

sebagai berikut:

1. Menghitung nilai d_1 :

$$\begin{aligned}d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \\ d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{24650}{25000}\right) + \left(0.075 + \frac{0.022^2}{2}\right)0.5}{0.022\sqrt{0.5}} \\ &= 0.745862\end{aligned}$$

2. Menghitung nilai d_2 :

$$\begin{aligned}d_2 &= d_1 - \sigma\sqrt{T} \\ d_2 &= 0.745862 - 0.022\sqrt{0.5} \\ &= 0.730092\end{aligned}$$

3. Tentukan nilai $N(d_1)$:

$$\begin{aligned}N(d_1) &= N(0.745862) \\ &= 0.772125\end{aligned}$$

4. Tentukan nilai $N(d_2)$:

$$\begin{aligned}N(d_2) &= N(0.730092) \\ &= 0.767333\end{aligned}$$

dengan nilai dari $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ merupakan fungsi distribusi normal kumulatif untuk d_1 dan d_2 . Nilai dari $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ dapat dilihat di tabel kurva normal atau dapat digunakan fungsi NORMSDIST (nilai d_1 atau d_2) di software Microsoft Excel.

5. Menghitung nilai *European call option* dengan persamaan (1):

$$\begin{aligned}C &= S_0N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \\ C &= (24650)(0.772125) \\ &\quad - (25000)e^{(-0.075)(0.5)}(0.767333) \\ C &= 555.6041\end{aligned}$$

Harga opsi *call* tipe Eropa yang dihitung menggunakan metode *Black-Scholes Option Pricing Model* akan dijadikan patokan harga standar opsi *call* yang akan dinegosiasikan antara penjual dan pembeli opsi *call*. Harga standar ini nantinya akan dibandingkan dengan harga opsi *call* yang dihitung menggunakan metode *Monte Carlo* dan metode *Quasi Monte Carlo*, untuk mengetahui metode mana yang hasilnya mendekati harga standar.

E. Mensimulasikan Harga Saham untuk Mendapat Harga Opsi dengan Metode *Monte Carlo* dan *Quasi Monte Carlo*

Metode *Monte Carlo* adalah metode yang menggunakan bilangan acak berdistribusi normal untuk mensimulasi harga saham guna mendapatkan harga opsi *call*. Persamaan yang digunakan untuk mensimulasikan harga saham adalah persamaan (9). Metode *Quasi Monte Carlo* adalah metode yang menggunakan barisan kuasi-acak untuk mensimulasikan harga saham. Pada metode *Quasi Monte Carlo*, persamaan yang digunakan untuk mensimulasikan harga saham sama dengan persamaan pada metode *Monte Carlo*, yang membedakannya hanya pada nilai ϵ saja. Pada metode *Monte Carlo* nilai ϵ merupakan bilangan acak yang berdistribusi normal, sedangkan pada metode *Quasi Monte Carlo* nilai ϵ merupakan barisan kuasi-acak *Halton*. Setelah mensimulasikan harga saham, akan ditentukan nilai *pay-off* opsi *call* dengan persamaan (10). Setelah mendapatkan *pay-off* opsi *call* maka langkah selanjutnya adalah menaksir harga opsi *call* dengan meratakan *pay-off* dari opsi *call* tersebut. Untuk menaksir harga opsi *call* digunakan persamaan (12). Alat yang digunakan untuk mensimulasikan harga saham adalah laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

System Manufacturer: TOSHIBA
System Model: Satellite A505
BIOS: InsydeH2O Version 1.30

Processor: Intel(R) core(TM) i3 CPU M 330 @ 2.13GHz (4 CPUs), ~2.1GHz

Memory: 4096MB RAM

Simulasi akan dilakukan sebanyak M iterasi yaitu, $M=10$ iterasi, $M=100$ iterasi, $M=1000$ iterasi, $M=10000$ iterasi, $M=100000$ iterasi, dan $M=1000000$ iterasi. Saat mensimulasi harga saham dengan metode *Monte Carlo* dan *Quasi Monte Carlo* dipergunakan program Matlab 7.8.

Tabel 1.2 Simulasi untuk Menentukan Harga Opsi yang Dihitung Menggunakan Metode *Monte Carlo*

N	opsi <i>call</i>	opsi <i>put</i>	waktu eksekusi program (detik)
10	617.2083	34.3046	0.000957
100	504.5194	22.1301	0.001497
1000	528.3033	9.7463	0.021214
10000	518.3791	10.5567	0.324914
100000	522.0058	10.5689	0.736577

Tabel 1.3 Simulasi untuk Menentukan Harga Opsi yang Dihitung Menggunakan Metode *Quasi Monte Carlo*

N	opsi <i>call</i>	opsi <i>put</i>	waktu eksekusi program (detik)
10	614.5362	69.8198	0.001539
100	524.8122	13.2631	0.003788
1000	529.4326	10.6519	0.030926
10000	526.0399	9.1238	0.387072
100000	525.9491	9.0434	2.407029

Tabel 1.4 Perbandingan Harga Opsi *Call* Metode *Monte Carlo*, *Quasi Monte Carlo*, dan *Black-Scholes* Disertai Waktu Eksekusinya untuk Metode Simulasi

N	<i>Monte Carlo</i>		<i>Quasi Monte Carlo</i>		<i>Black-Scholes</i> opsi <i>call</i>
	opsi <i>call</i>	waktu (detik)	opsi <i>call</i>	waktu (detik)	
10	617.2083	0.000957	614.5362	0.001539	555.6041
100	504.5194	0.001497	524.8122	0.003788	
1000	528.3033	0.021214	529.4326	0.030926	
10000	518.3791	0.324914	526.0399	0.387072	
100000	522.0058	0.736577	525.9491	2.407029	
1000000	520.8843	7.295823	525.8593	24.255243	

F. Perhitungan Error dengan Metode MAPE

Metode MAPE adalah metode yang akan digunakan untuk mengetahui besarnya error dari masing-masing metode. Semakin kecil error yang dimiliki oleh metode tersebut maka hasil simulasi dari metode itu akan semakin mendekati harga standar. Persamaan metode MAPE yang digunakan adalah persamaan (16), dengan S_i adalah harga opsi hasil simulasi dari metode *Monte Carlo* dan *Quasi Monte Carlo*, sedangkan D_i adalah harga opsi standar yang diperoleh dengan menggunakan metode *Black-Scholes*, dan M adalah banyaknya iterasi yang dilakukan. Hasil dari perhitungan error yang dilakukan dengan metode MAPE dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1.5 Nilai *Error Opsi Call* dengan Metode *Monte Carlo* dan Nilai *Error Opsi Call* dengan Metode *Quasi Monte Carlo*

N	<i>error opsi call</i> dengan metode <i>Monte Carlo</i>	<i>error opsi call</i> dengan metode <i>Quasi Monte Carlo</i>
10	0.011087787	0.010606851
100	0.000919444	0.000554206
1000	4.91371E-05	4.71046E-05
10000	6.69991E-06	5.32109E-06
100000	6.04717E-07	5.33743E-07
1000000	6.24902E-07	5.3536E-07

4. SIMPULAN DAN SARAN

Menurut hasil pembahasan yang telah diuraikan pada tabel, dengan bantuan program Matlab seri 7.8 maka diperoleh suatu kesimpulan bahwa, metode *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi-acak *Halton* lebih baik dibandingkan dengan metode *Monte Carlo* dalam hal penentuan harga opsi *call* tipe Eropa dari saham peringkat pertama (Astra Agro Lestari Tbk) indeks LQ45 periode Februari 2014 sampai Juli 2014, karena menghasilkan error yang terkecil. Akan tetapi, metode *Quasi Monte Carlo* lebih lambat dalam hal pengekseskuan program Matlab diseluruh iterasi simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini, karena metode *Quasi Monte Carlo* menghabiskan lebih banyak waktu untuk membangkitkan barisan kuasi-acak *Halton* saat mensimulasi harga saham.

Penentuan harga kontrak opsi yang lebih ideal seharusnya mengikutsertakan deviden agar memperoleh hasil yang lebih akurat, penentuan kontrak opsi juga harus menggunakan suku bunga bebas risiko yang berbeda-beda untuk menyesuaikan dengan keadaan pasar modal sehari-hari, dalam mensimulasi dengan metode *Quasi Monte Carlo*, barisan kuasi-acak yang digunakan seharusnya lebih banyak untuk dijadikan perbandingan antara sesama barisan-kuasi acak. Maka dari itu, disampaikan dua saran untuk dapat dijadikan pertimbangan dalam penentuan harga opsi. Saran tersebut adalah:

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, diharapkan simulasi dengan metode *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi-acak menggunakan barisan-kuasi acak lainnya seperti kuasi-acak *Sobol*, kuasi-acak *Van der Corput*, dan kuasi-acak *Faure* untuk menentukan harga opsi tipe Eropa. Barisan kuasi-acak juga diharapkan dapat digunakan untuk menentukan harga opsi tipe Asia dan opsi tipe Amerika.
2. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, dapat dilakukan untuk menentukan harga opsi dengan tingkat suku bunga yang tidak konstan serta dengan aset induk yang memberikan deviden.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siahaan, Hinsa. 2008. *Seluk-Beluk Perdagangan Instrumen Derivative*, Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [2] Lack, P. and Scholes, M. 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81: 637 – 659.
- [3] Boyle, P. 1997. Options: a Monte Carlo approach. *Journal of Financial Economics*, 4: 323 – 338.
- [4] Paskov, S. and Traub, J. 1995. Faster Valuation of Financial Derivatives. *Journal of Portofolio Management*, 22: 113 – 120.