

PENENTUAN HARGA OPSI MENGGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO DENGAN TEKNIK *MOMENT MATCHING*

Ilham Syataⁱ, St Nur Humairah Halimⁱⁱ

ⁱ Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Ilham.syata@uin-alauddin.ac.id

ⁱⁱ Universitas Muhamadiyah Makassar, humairah@unismuh.ac.id

ABSTRAK, Metode *moment matching* merupakan salah satu metode reduksi variansi untuk meningkatkan efisiensi dalam simulasi Monte Carlo. Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu seberapa besar harga opsi *call* dan *put* tipe Eropa menggunakan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching*. Dengan menggunakan data harga saham dari NASDAQ Composite hasil perhitungan dengan harga saham awal (S_0) sebesar \$7891.78, *strike price* (K) sebesar \$7891.78, waktu jatuh tempo (T) yaitu 1 tahun, tingkat bunga (r) yaitu 2.25%, dan volatilitas (σ) 0.197071 maka harga opsi *call* dan *put* tipe Eropa dengan saham NASDAQ Composite menggunakan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching* sebesar \$704.289 dan \$529.001.

Kata Kunci: Opsi *call* dan *put*, Opsi Eropa, Simulasi Monte Carlo, Teknik *Moment Matching*

1. PENDAHULUAN

Produk derivatif merupakan suatu instrumen keuangan yang nilainya bergantung harga *underlying asset* (aset yang mendasari) [2]. Produk derivatif terdiri dari *futures* (kontrak berjangka), *forward*, *swap*, dan opsi. Sedangkan, *underlying asset* terdiri dari saham, obligasi, komoditas pertanian, dan lain-lain. Opsi adalah suatu kontrak antara dua pihak di mana pemegang opsi mempunyai hak untuk membeli atau menjual suatu aset tertentu dengan harga yang telah disepakati dan waktu yang telah ditentukan [2,4,7,9]. Berdasarkan waktu pelaksanaannya opsi terbagi dua yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika, sedangkan berdasarkan jenis haknya, opsi terdiri dari opsi *call* dan opsi *put*. Pemilik opsi *call* tidak wajib untuk mengeksekusi haknya apabila harga aset yang ada di pasar lebih rendah daripada harga yang telah disepakati, begitu pula untuk pemilik opsi *put* tidak wajib untuk mengeksekusi haknya apabila harga aset yang ada di pasar lebih tinggi daripada harga yang telah disepakati.

Dalam penelitian ini, terdapat asumsi yang digunakan untuk menentukan harga opsi yaitu

tidak terdapat biaya transaksi, tidak terdapat *short selling*, tidak ada pembagian *dividen*, dan tingkat bunga bebas risiko. Banyak model dan metode yang telah ditemukan untuk menentukan harga opsi, salah satunya adalah simulasi Monte Carlo (*Monte Carlo Simulation*).

Higham [1] mengatakan simulasi Monte Carlo merupakan metode untuk mengaproksimasi ekspektasi dari variabel acak menggunakan pembangkit bilangan *pseudo-random*. Bilangan *pseudo-random* merupakan variabel acak yang dibangkitkan oleh komputer. Dalam menganalisis simulasi Monte Carlo, peningkatan jumlah sampel akan mengurangi variansi. Untuk meningkatkan efisiensi dalam simulasi Monte Carlo diperlukan teknik *variance reduction* [8]. Teknik ini terdiri dari *momen matching*, *antithetic variates*, *stratified sampling*, *control variates*, dan lain-lain. Pada penelitian ini penulis ingin membahas simulasi Monte Carlo dengan teknik *momen matching* dalam mengestimasi harga saham NASDAQ Composite pada saat jatuh tempo untuk menghitung harga opsi *call* dan *put* tipe Eropa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

UNDERLYING ASSET

Dalam menentukan nilai opsi terdapat *underlying asset* (aset yang mendasari) yang digunakan, salah satu *underlying asset* yang dapat digunakan adalah saham [2]. Secara sederhana, saham didefinisikan sebagai tanda penyertaan atau kepemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan [5].

OPSI

Opsi merupakan suatu kontrak atau perjanjian dua pihak, di mana salah satu pihak memiliki hak (bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual sebuah aset dengan harga yang

disepakati dan pada waktu yang telah ditetapkan.

Berdasarkan hak yang diberikan kepada pemegangnya, jenis opsi yaitu:

1. Opsi *call* adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah aset dengan harga yang disepakati dan pada waktu yang telah ditentukan.
2. Opsi *put* adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk menjual sejumlah aset dengan harga yang telah disepakati dan waktu yang telah ditentukan

Opsi berdasarkan waktu pelaksanaannya terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Opsi Eropa merupakan opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk mengeksekusi haknya hanya pada saat jatuh tempo.
2. Opsi Amerika merupakan opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk mengeksekusi haknya pada atau sebelum jatuh tempo.

[2,5,7,9]

FAKTOR YANG MEMENGARUHI HARGA OPSI

Faktor yang memengaruhi harga opsi yaitu (a) *underlying asset* adalah aset dasar yang digunakan dalam menentukan harga opsi, aset dasar yang digunakan adalah saham, (b) waktu jatuh tempo adalah waktu berlangsungnya kontrak opsi berdasarkan kesepakatan, (c) volatilitas adalah ukuran yang menunjukkan besarnya fluktuasi harga *underlying asset* dalam suatu periode, (d) tingkat bunga adalah besarnya persentasi bunga yang diperoleh dari menginvestasikan sejumlah uang pada suatu aset, (e) harga kesepakatan (*strike price*) adalah harga jual atau harga beli yang telah disepakati dalam kontrak opsi selama berlangsungnya opsi, dan (f) dividen adalah bagian keuntungan perusahaan yang dibagikan kepada para pemegang saham [2].

PAYOFF HARGA OPSI

Payoff adalah imbalan yang diperoleh dari kontrak opsi ketika opsi tersebut dieksekusi.

Payoff opsi *call* (u_1) dan *put* (u_2) tipe Eropa sebagai berikut

$$\begin{aligned} u_1 &= \max(S_T - K, 0) \\ u_2 &= \max(K - S_T, 0) \end{aligned} \quad (0.1)$$

[2,7,9]

MODEL PERGERAKAN HARGA SAHAM

Jika $S(t)$ ialah harga saham pada waktu t , μ merupakan nilai harapan harga saham, σ merupakan volatilitas harga saham, dan $W(t)$ adalah proses Wiener, maka model perubahan harga saham yaitu:

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

Solusi dari model harga saham tersebut adalah

$$S(T) = S_0 \exp\left\{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma W(T)\right\} \quad (0.2)$$

[2,7]

ESTIMASI RETURN, VARIANSI DAN VOLATILITAS HARGA SAHAM

Persamaan untuk menghitung return harga saham yaitu

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} \quad (0.3)$$

Persamaan untuk menghitung variansi yaitu

$$var = \frac{\sum_{i=0}^n (R_i - E[R])^2}{n - 1} \quad (0.4)$$

Persamaan untuk menghitung ekspektasi *return* yaitu

$$E(R) = \frac{\sum_{i=0}^n R_i}{n} \quad (0.5)$$

Persamaan untuk menghitung volatilitas yaitu

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \times \sqrt{Var} \quad (0.6)$$

[2,5]

SOLUSI ANALITIK MODEL BLACK-SCHOLES

Persamaan berikut untuk menentukan harga opsi *call* (c) dan *put* (p) tipe Eropa

$$\begin{aligned} c &= S_0 N(d_1) - K \exp(-rT) N(d_2) \\ p &= K \exp(-rT) N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \end{aligned} \quad (0.7)$$

Dengan

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \\ d_2 &= d_1 - \sigma\sqrt{T} \end{aligned}$$

SIMULASI MONTE CARLO

Simulasi Monte Carlo adalah tipe simulasi probabilistik untuk mencari penyelesaian masalah dengan sampling dari proses *random*. Dasar simulasi Monte Carlo adalah mengadakan percobaan pada elemen-elemen probabilistik melalui sampling acak[6,8].

TEKNIK MOMENT MATCHING

Teknik *anthitetic variates* dan teknik *moment matching* merupakan bagian dari teknik *variance reduction*. Teknik *Anthitetic variates* menggunakan barisan acak konsisten dengan momen 1, sedangkan teknik *moment matching* menggunakan barisan acak konsisten dengan momen 1 dan 2. Mean dan variansi dari serangkaian bilangan acak sebagai berikut:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \varepsilon_n \tag{0.8}$$

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \varepsilon_n^2 - \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \varepsilon_n \right)^2$$

Kita definisikan barisan bilangan acak $\{\hat{\varepsilon}\}$ sebagai

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_n - \bar{\varepsilon}}{\bar{\sigma}} \tag{0.9}$$

barisan bilangan acak ini berdistribusi normal atau memenuhi

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \hat{\varepsilon}_n = 0 \tag{1.0}$$

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \hat{\varepsilon}_n^2 - \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \hat{\varepsilon}_n \right)^2 = 1$$

Ini menunjukkan bahwa barisan acak $\{\hat{\varepsilon}\}$ memiliki momen 1 dan 2 yang konsisten dengan ε [3].

Menghitung harga saham pada waktu jatuh tempo menggunakan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching* yaitu

$$S_T = S_0 \exp \left(- \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma \sqrt{T} \hat{\varepsilon} \right) \tag{1.1}$$

Menghitung harga opsi *call*(f_1) dan opsi *put*(f_2) tipe Eropa dengan persamaan:

$$f_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{-rT} \max(S_T - K, 0) \tag{1.2}$$

$$f_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{-rT} \max(K - S_T, 0)$$

[3]

3. METODOLOGI

Underlying asset yang digunakan adalah saham. Penulis menggunakan data harga saham penutupan dari perusahaan NASDAQ Composite yang dimulai dari bulan April 2018 – April 2019 yang diperoleh dari <http://finance.yahoo.com>.

Prosedur Penelitian

Langkah – Langkah yang akan dilakukan dalam menentukan harga opsi *call* dan *put* tipe Eropa menggunakan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching* sebagai berikut:

1. Memilih data harga saham NASDAQ composite
2. Melakukan uji normalitas pada data harga saham NASDAQ composite.
3. Menghitung nilai *return*, variansi *return*, dan volatilitas harga saham NASDAQ composite(σ).
4. Menentukan tingkat bunga(r)
5. Menentukan *Strike Price* (K)
6. Menentukan waktu jatuh tempo (T)
7. Menentukan harga saham saat ini(S_0)
8. Mensimulasikan harga saham pada saat jatuh tempo (S_T) dengan simulasi *Monte Carlo* dengan menambahkan didalamnya teknik *moment matching*.
9. Menghitung harga opsi *call* dan *put*.

4. PEMBAHASAN

Data Harga Saham

Jumlah data harga saham yang digunakan sebanyak 252 data, yang merupakan data harga saham penutupan harian dari perusahaan NASDAQ Composite.

Tabel 4.1 Harga Saham Penutupan NASDAQ Composite

Data (t)	Harga Saham Penutupan NASDAQ composite
0	7076.55
1	6915,11

Data (t)	Harga Saham Penutupan NASDAQ composite
2	6950.34
3	7094.3
⋮	⋮
251	7895.55
252	7891.78

Sumber data: <http://finance.yahoo.com>

Return Saham

Berdasarkan tabel 4.1 dan dengan menggunakan persamaan(0.3), Maka diperoleh *return* saham sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Return*

Data (n)	Harga Saham Penutupan NASDAQ composite	<i>Return</i> Harga Saham NASDAQ composite
0	\$7076.55	-
1	\$6915.11	-0.02281
2	\$6950.34	0.005095
3	\$7094.3	0.020713
⋮	⋮	⋮
251	\$7895.55	0.00597
252	\$7891.78	-0.00048

Variansi Return Saham

Nilai ekspektasi *return* $E(R)$ harga saham NASDAQ Composite yaitu:

$$E(R) = \frac{\sum_{i=0}^n R_i}{n} = 0.00050964$$

Nilai variansi *return* harga saham NASDAQ Composite yaitu:

$$Var = \frac{\sum_{i=0}^n (R_i - E[R])^2}{n - 1}$$

$$Var = \frac{0.038837}{251} = 0.000154219$$

Volatilitas

Setelah nilai variansi *return* harga saham didapatkan yaitu sebesar 0.000155 dan nilai τ adalah $\frac{1}{252}$. Maka volatilitas harga saham dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \times \sqrt{Var}$$

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{252}}} \times \sqrt{0.000154219}$$

$$\sigma = 0.1971376$$

Jadi, nilai volatilitas harga saham NASDAQ Composite selama 252 hari ialah 0.197071

Tingkat Bunga

Tingkat bunga yang digunakan adalah tingkat bunga Bank Amerika Serikat yaitu 2.25%.

Harga Saham saat ini

Harga saham saat ini yang digunakan adalah harga saham perusahaan NASDAQ composite tanggal terakhir (4 April 2019), maka harga saham saat ini ialah \$ 7891.78.

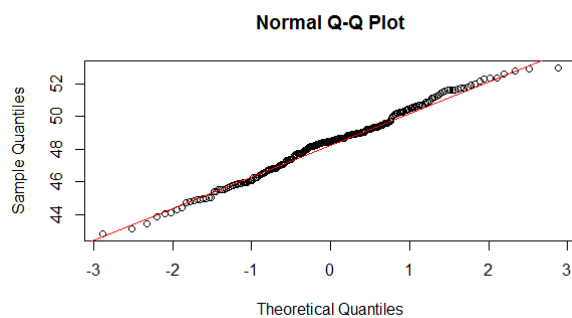
Harga Kesepakatan (Strike Price)

Untuk menentukan harga opsi dari *underlying asset* harga saham perusahaan NASDAQ composite yang diperdagangkan mulai 5 April 2018 sampai dengan 4 April 2019 digunakan harga kesepakatan yang sama dengan harga saham saat ini yaitu \$ 7891.78.

Waktu Jatuh Tempo

Waktu jatuh tempo yang digunakan dalam kontrak Opsi ini adalah 1 tahun.

Uji Normalitas Data Harga Saham



Gambar 4.1 Plot Normal Q-Q harga saham penutupan NASDAQ Composite.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa penyebaran titik-titik harga saham NASDAQ Composite terdapat disekitar garis atau berada pada garis linear. Hal ini menunjukkan bahwa

data harga saham penutupan NASDAQ Composite berdistribusi normal.

Simulasi Monte Carlo dengan Teknik Moment Matching.

Dengan menggunakan parameter yang telah dihitung yaitu harga saham saat ini (S_0) sebesar \$7891.78, waktu jatuh tempo (T) yaitu 1 tahun, tingkat bunga (r) yaitu 2.25%, *strike price*(K) sebesar \$7891.78 dan volatilitas (σ) yaitu 0.197071, maka penentuan harga opsi *call* dan *put* tipe Eropa menggunakan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching* sebagai berikut:

Tabel 4.3. Harga Opsi *call* dan *put* tipe Eropa dengan teknik *moment matching*

Banyak Simulasi	Opsi <i>Call</i>	Opsi <i>Put</i>
10.000	\$706.621	\$530.498
100.000	\$705.323	\$529.193
1.000.000	\$704.289	\$529.001

Berdasarkan persamaan (0.7) diperoleh Solusi analitik Model Black Scholes sehingga harga opsi *call* dan *put* yaitu \$704.324 dan \$528.741. Pada tabel 4.3, menunjukkan kecepatan konvergensi yang baik dengan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching*. Dengan memilih harga opsi *call* dan *put* yang lebih dekat dengan solusi analitik model Black Scholes, maka diperoleh Harga Opsi *call* dan *put* tipe Eropa menggunakan simulasi Monte Carlo dengan teknik *moment matching* yaitu \$704.289 dan \$529.001

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka kesimpulan ialah harga opsi *call* dan *put* tipe Eropa dengan

saham NASDAQ Composite menggunakan simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *moment matching* sebesar \$704.289 dan \$529.001.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Desmond J.Higham, *An Introduction to Financial Option Valuation*, (New York: Cambridge University Press, 2004).

[2] John C.Hull, *Options, Futures & Others Derivatives*, (New Jersey: Pearson Education.Inc, 2009).

[3] Ohsaki, Shuichi, dkk, *R Programming and Its in Financial Mathematics*, (Tokyo: CRC Press, 2018)

[4] Syata, Ilham dkk, *Numerical Method for Determining Option Price with Risk Adjusted Pricing Methodology (RAPM)*, Journal Hikari.ltd, Volume 9, (Bulgaria:2015)

[5] Putri, Desi Pratiwi Ika, dkk,*Penentuan Harga Kontrak Opsi Amerika dengan Quasi Monte Carlo*, Journal MSA UIN Alauddin Makassar, Volume 6, (Gowa:2018)

[6] Reuven Y. Rubinstein dan Dirk P. Kroese, *Simulation and Monte Carlo Method, Second Edition*, (Canada:John Wiley & Sons Inc, 2008)

[7] Paul Wilmot, dkk, *Option Pricing: Mathematical Model and Computation*, (Oxford: Oxford Financial Press, 1994)

[8] J.S. Dagpunar, *Simulation and Monte Carlo With Applications in Finance and MCMC*, (University of Edinburgh, UK:John Wiley & Sons Ltd, 2007)

[9] Lishang Jiang, *Mathematical Modeling and Methods of Option Pricing*, (Tongji University, China: World Scientific Publishing Co Ltd, 2005)