

PENENTUAN HARGA KONTRAK OPSI TIPE AMERIKA MENGGUNAKAN QUASI MONTE CARLO

Desy Pratiwi Ika Putriⁱ, Wahidah Alwiⁱⁱ, Ilham Syataⁱⁱⁱ

ⁱ Mahasiswa Program Studi Matematika-FST, UINAM, desypip407@gmail.com

ⁱⁱ Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Wahidah.alwi@uin-alauddin.ac.id

ⁱⁱⁱ Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Ilham.syata@ui-alauddin.ac.id

ABSTRAK. Metode Quasi Monte Carlo merupakan metode Monte Carlo yang menggunakan barisan kuasi acak sebagai pengganti barisan acak semu. Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu seberapa besar harga kontrak opsi tipe Amerika menggunakan metode Quasi Monte Carlo. Dengan menggunakan data harga saham dari Oracle corporation, hasil perhitungan dengan harga saham awal (S_0) sebesar \$50.23, strike price (K) sebesar \$53.00, tingkat suku bunga (r) ialah 4.61%, dan volatilitas (σ) 0.20863 dengan waktu jatuh tempo (T) selama satu tahun maka diperoleh harga kontrak opsi put Amerika menggunakan Quasi Monte Carlo dengan barisan kuasi acak Halton ialah sebesar \$3.496807. Sedangkan harga kontrak opsi put Amerika menggunakan Quasi Monte Carlo dengan barisan kuasi acak Sobol ialah sebesar \$3.463678.

Kata Kunci: Opsi put, Opsi Amerika, Quasi Monte Carlo, Barisan Kuasi Acak

1. PENDAHULUAN

Kegiatan investasi dalam perekonomian saat ini berkembang pesat. Pada dasarnya kegiatan investasi merupakan kegiatan penghimpun dana sehingga didapatkan sejumlah keuangan dikemudian hari. Investasi tanah, investasi emas dan investasi saham merupakan investasi yang populer saat ini dan memiliki tingkat risiko yang berbeda-beda.

Investasi saham merupakan kegiatan investasi yang besar risikonya sulit diprediksi, sehingga investor harus berhati-hati dalam menginvestasikan dana yang dimiliki. Hal yang menyebabkan munculnya sarana alternative untuk berinvestasi. Investasi alternative yang ditawarkan adalah produk sekuritas turunan (*derivative*), yaitu perangkat keuangan yang nilainya bergantung kepada nilai aset yang mendasarinya[1].

Opsi adalah salah satu instrumen *derivative*, dimana opsi merupakan suatu perjanjian kontrak antara penjual opsi (*seller/writer*) dengan pembeli opsi (*buyer*), dimana penjual opsi menjamin adanya hak (bukan kewajiban) dari

pembeli opsi, untuk membeli (*call*) atau menjual (*put*) aset tertentu pada waktu tertentu dengan harga yang telah ditetapkan[2]. Ditinjau dari waktu pelaksanaannya, opsi terbagi dua yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika. Opsi Eropa merupakan kontrak opsi yang dapat dieksekusi pada saat jatuh tempo berlakunya opsi tersebut. Sedangkan opsi Amerika adalah kontrak opsi yang dapat dieksekusi kapan saja selama masa berlaku kontrak opsi.

Hal yang menarik dalam masalah opsi adalah menentukan harga yang pantas dibayar oleh *holder* kepada *writer* saat *holder* membeli sebuah opsi dari *writer*. Banyak model telah ditemukan untuk menentukan harga bermacam – macam opsi. Untuk menentukan harga opsi dapat menggunakan beberapa metode, seperti metode beda hingga Crank-Nicholson, metode beda hingga Dufort-Frankle, metode Monte Carlo, dan metode Quasi Monte Carlo

Dalam tahun 1995, Paskov dan Traub mempublikasikan tulisan yang menggunakan metode quasi Monte Carlo. Hasil tulisan tersebut menunjukkan bahwa metode quasi Monte Carlo memberikan pendekatan yang lebih akurat dibandingkan dengan metode Monte Carlo[3]. Metode Quasi Monte Carlo merupakan metode Monte Carlo yang menggunakan barisan kuasi acak sebagai pengganti dari bilangan acak semu[4]. Adapun barisan kuasi acak terbagi atas empat bagian yaitu quasi acak *Van der Corput*, *Faure*, *Halton* dan *Sobol*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Investasi

Investasi ialah komitmen untuk membeli barang-barang modal dan peralatan produksi dengan tujuan untuk mengganti dan menambah barang modal dalam perekonomian yang akan digunakan untuk memproduksi barang dan jasa di masa yang akan datang.

Investasi merupakan suatu kegiatan penundaan konsumsi sekarang yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan di masa yang akan datang.

Saham

Di antara surat-surat berharga yang diperdagangkan di pasar modal, saham adalah yang paling dikenal masyarakat. Secara sederhana, saham dapat didefinisikan sebagai tanda penyertaan atau kepemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan. Wujud saham adalah selembar kertas yang menerangkan bahwa pemilik kertas tersebut adalah pemilik perusahaan yang menerbitkan kertas tersebut. Bila membeli saham, maka akan menerima kertas yang menjelaskan bahwa pembeli memiliki perusahaan penerbit saham tersebut[5].

Opsi

Opsi merupakan suatu hak (bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual sebuah aset dengan harga tertentu dan pada waktu yang telah ditetapkan. Pemilik opsi tidak wajib untuk melakukan haknya atau akan melakukan haknya apabila harga asset yang berubah dapat menghasilkan keuntungan baik dalam membeli atau menjual asset tersebut.

Opsi dibedakan menjadi dua jenis yakni berdasarkan periode waktunya dan berdasarkan hak yang dimiliki pemegangnya. Opsi berdasarkan periode waktu pelaksanaannya terbagi lagi menjadi dua, yaitu :

1. Opsi Eropa merupakan opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk membeli atau menjual pada tanggal kadaluarsanya.
2. Opsi Amerika merupakan opsi yang member hak kepada pemegangnya untuk membeli atau menjual pada atau sebelum tanggal kadaluarsanya.

Sementara opsi berdasarkan jenis hak yang diberikan kepada pemegangnya terbagi juga menjadi dua, yaitu:

1. Opsi Beli (*Call Option*) adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah tertentu saham suatu perusahaan dengan harga dan waktu tertentu pula.

2. Opsi Jual (*Put Option*) adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk menjual sejumlah tertentu saham perusahaan dengan harga tertentu dan waktu tertentu pula[6].

Model Pergerakan Harga Saham

Jika S ialah harga saham pada waktu t , μ merupakan parameter konstan yang menyatakan tingkat rata – rata pertumbuhan harga saham dan σ volatilitas harga saham, maka model perubahan harga saham yaitu:

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dW(t) \tag{0.1}$$

ESTIMASI RETURN, VARIANSI DAN VOLATILITAS HARGA SAHAM

Adapun untuk mencari nilai return harga saham ialah

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_t} \tag{0.2}$$

Persamaan untuk mencari nilai dari variansi ialah:

$$Var = \frac{\sum_{i=0}^n E[(R_i - E[R])^2]}{n-1} \tag{0.3}$$

Untuk menghitung ekspektasi *return* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan

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

Persamaan untuk mendapatkan nilai volatilitas ialah:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \times \sqrt{Var} \tag{0.4}$$

Opsi Amerika

Opsi Amerika ialah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk melaksanakan opsi selama masa berlaku opsi sampai waktu jatuh tempo opsi. Sama seperti opsi Eropa, opsi Amerika juga memiliki keadaan dimana investor mengalami kerugian dan keuntungan ataupun tidak mengalami kerugian dan keuntungan. Maka dari itu untuk mendapatkan keuntungan apabila terjadi aksi jual kontrak opsi, nilai opsi *put* Amerika harus memenuhi ketidaksamaan,

$$P(S,t) \geq maks\{0, K - S\}$$

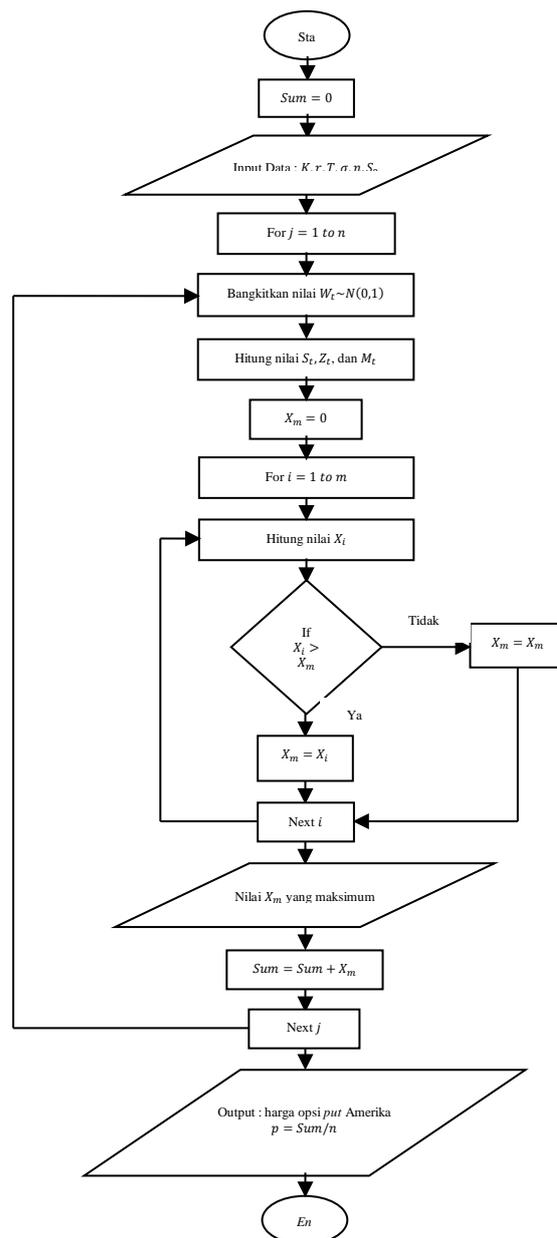
Monte Carlo dan Quasi Monte Carlo

Metode Monte Carlo digunakan dengan istilah *sampling statistic*. Nama *Monte Carlo*, yang dipopulerkan oleh pioneer bidang tersebut (termasuk *Stanislaw Mercin Ulam, Enrico Fermi, John von Neumann* dan *Nicholas Metropolis*), merupakan nama kasino terkemuka di Monako. Penggunaan keacakan dan sifat pengulangan proses mirip dengan aktivitas yang dilakukan pada sebuah kasino.

Metode Monte Carlo adalah algoritma komputasi untuk mensimulasikan berbagai perilaku system fisika dan matematika. Penggunaan klasik metode ini adalah untuk mengevaluasi integral definit, terutama integral multi dimensi dengan syarat dan batasan yang rumit. Simulasi Monte Carlo dikenal dengan istilah *sampling simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. Istilah Monte Carlo pertama digunakan selama masa pengembangan bom atom yang merupakan nama kode dari simulasi *nuclear fission*. Simulasi ini sering digunakan untuk evaluasi dampak perubahan input dan risiko dalam pengambilan keputusan.

Melihat cara kerjanya metode Monte Carlo merupakan metode yang memanfaatkan *strong law of large number* dalam melakukan perhitungan, artinya semakin banyak variabel acak yang digunakan akan semakin baik pula pendekatan nilai eksaknya. Metode Monte Carlo menggunakan rata-rata sebagai penaksir nilai eksaknya. Karena algoritma ini memerlukan pengulangan dan perhitungan yang amat kompleks[7]. Oleh karena itu, dengan simulasi Monte Carlo seolah-olah dapat diperoleh data dari lapangan, atau dengan perkataan lain simulasi Monte Carlo meniru kondisi lapangan secara numerik.

Adapun bagan alur untuk algoritma simulasi ini ialah



Untuk akurasi dari hasil yang didapatkan dengan simulasi *Quasi Monte Carlo* tergantung dari angka dari percobaan sama seperti simulasi *Monte Carlo*. Dengan rata – rata disimbolkan dengan $\bar{\mu}$ dan standar deviasi dengan ω . Variabel $\bar{\mu}$ adalah perkiraan simulasi dari nilai turunannya. Estimasi dari standar *error* ialah

$$\frac{\omega}{N} \tag{0.5}$$

Dimana N adalah banyaknya percobaan. Dengan selang kepercayaan 95% untuk nilai derivatifnya sebagai berikut:

$$\bar{\mu} - \frac{1.96\omega}{N} < f < \bar{\mu} + \frac{1.96\omega}{N} \tag{0.6}$$

Barisan Kuasi Acak

Metode *Monte Carlo* merupakan alternative yang sering digunakan untuk perhitungan numerik yang mengandung integral multidimensi dalam komputasi keuangan. Sedangkan ada salah satu metode yang mampu memberikan pendekatan yang lebih akurat dibandingkan dengan metode *Monte Carlo* yaitu metode *Quasi Monte Carlo*. 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 *Vander Corput*, *Faure*, *Halton* dan *Sobol*.

Barisan kuasi-acak ini digunakan untuk menghasilkan sampel yang representative dari distribusi probabilitas yang disimulasikan dalam permasalahan praktis. Barisan kuasi-acak ini sering disebut sebagai *low discrepancy sequences*, dapat memperbaiki kinerja dari simulasi *Monte Carlo* dan mempersingkat waktu komputasi serta memberikan akurasi yang lebih tinggi. Metode *Quasi-Monte Carlo* umumnya digunakan sebagai alternative dari metode *Monte Carlo* dalam persoalan pengintegralan numeric multidimensi.

3. METODOLOGI

Data yang digunakan adalah data harga saham penutupan dari perusahaan Oracle Corporation yang dimulai dari bulan Oktober 2017 – Oktober 2018 yang diperoleh dari <http://finance.yahoo.com>. Variabel yang diperhatikan adalah Harga saham pada waktu (S_t)

Prosedur Penelitian

Langkah – Langkah yang akan dilakukan dalam menentukan harga kontrak opsi put Amerika menggunakan metode *Quasi Monte Carlo*, dijelaskan sebagai berikut:

1. Penentuan Data.
2. Menghitung nilai *return* harga saham (0.1).
3. Menghitung nilai variansi *return* harga saham (0.2).
4. Menghitung nilai volatilitas harga saham (0.3)
5. Menentukan suku bunga

6. Menentukan harga kesepakatan (*Strike Price*)
7. Melakukan uji normalitas pada data harga saham
8. Mensimulasikan harga saham dengan bantuan program komputer untuk mendapatkan nilai S_t dengan metode *Quasi Monte Carlo*

4. PEMBAHASAN

Data Harga Saham

Jumlah data harga saham yang digunakan sebanyak 252 data, yang merupakan data harga saham penutupan harian dari perusahaan Oracle Corporation.

Tabel 4.1 Harga Saham Penutupan Oracle Corporation

Waktu (t)	Harga Saham Penutupan Oracle Corporation
0	48.031673
1	48.689999
2	48.900002
3	48.91
.	.
.	.
.	.
251	51.799999
252	50.23

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

Return Saham

Berdasarkan tabel 4.1 dan dengan menggunakan persamaan

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_t}$$

Maka dapat diperoleh *return* saham sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Return Saham Oracle Corp

Waktu (t)	Harga Saham Penutupan Oracle Corporation	Return Harga Saham Oracle Corporation
0	48.031673	-
1	48.689999	0.013520764
2	48.900002	0.00429454

3	48.91	0.000204416
.	.	.
.	.	.
.	.	.
251	51.799999	0.004633166
252	50.23	-0.031256201

Variansi Return Saham

Sebelum mencari variansi *return*, terlebih dahulu mencari ekspektasi return dengan menggunakan persamaan:

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

Setelah nilai ekspektasi *return* didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan nilai variansi
Tabel 4.3 Perhitungan nilai Variansi saham Oracle

Waktu (t)	R_t	$R_t - E[R]$	$(R_t - E[R])^2$
0	-	-	-
1	0.013520764	0.013447094	0.00018082433
2	0.00429454	0.004220869	0.0000178157
3	0.000204416	0.000130746	1.70944E-08
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
251	0.004633166	0.004559496	0.000020789
252	-0.031256201	-0.031329872	0.000981561

Berdasarkan hasil perhitungan nilai variansi pada Tabel 4.3 maka didapatkan nilai variansi *return* harga saham ialah:

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

$$Var = \frac{\sum_{i=0}^{252} (0 + 0.00018082433 + \dots + 0.000020789 + 0.000981561)}{252-1}$$

$$Var = \frac{0.046748089976}{251} = 0.000186247$$

Volatilitas

Setelah nilai variansi *return* harga saham didapatkan yaitu sebesar 0.000186247 dan nilai τ adalah $\frac{1}{252}$. Maka volatilitas harga saham dapat diperoleh sebagai berikut:

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

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{252}}} \times \sqrt{0.000186247}$$

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{0.003968254}} \times 0.013647248$$

$$\sigma = 0.21664334$$

Jadi, nilai volatilitas harga saham selama 252 hari dalam jangka waktu satu tahun ialah 0.21664334.

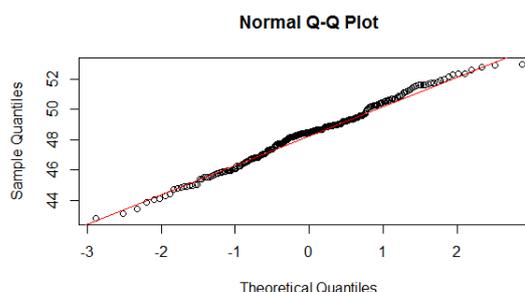
Suku Bunga

Suku bunga yang digunakan adalah rata-rata suku bunga acuan Amerika Serikat yang diperbarui bulanan. Dalam penelitian ini, digunakan suku bunga tetap yaitu 4.61%.

Harga Kesepakatan

Berdasarkan informasi harga saham perusahaan Oracle Corporation yang diperdagangkan mulai 3 Oktober 2017 sampai dengan 2 Oktober 2018 atau setara dengan 252 hari masa perdagangan, maka harga kesepakatannya ialah \$ 53.00.

Uji Normalitas Data Harga Saham



Gambar 4.1 Plot Normal Q-Q harga saham penutupan Oracle Corp.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa penyebaran titik-titik harga saham Oracle Corporation terdapat disekitar garis atau berada pada garis linear. Hal ini menunjukkan bahwa data harga saham penutupan Oracle Corporation berdistribusi normal.

Simulasi Quasi Monte Carlo

Dengan menggunakan bantuan program komputer dan dengan nilai nilai yang telah didapatkan sebelumnya, maka simulasi penentuan harga kontrak opsi *put* Amerika dengan menggunakan Quasi Monte Carlo dengan jumlah simulasi sebanyak 252 didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Simulasi Penentuan Harga Kontrak Opsi *put* Amerika

Metode	Harga Kontrak Opsi <i>Put</i> Amerika	Batas Atas	Batas Bawah
Quasi Monte Carlo – Kuasi Acak Halton	\$3.496807	\$3.524779	\$3.468836
Quasi Monte Carlo – Kuasi Acak Sobol	\$3.463678	\$3.490339	\$3.437016

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh harga kontrak opsi *put* Amerika menggunakan *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi acak *Halton* ialah sebesar \$3.496807. Sedangkan harga kontrak opsi *put* Amerika menggunakan *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi acak *Sobol* ialah sebesar \$3.463678. Dengan melihat batas atas dan batas bawahnya, dapat diketahui keakuratan dalam menentukan harga kontrak opsi *put* Amerika menggunakan *Quasi Monte Carlo* sebesar 95% karena nilai opsi *put* yang didapatkan berada diantara batas atas dan batas bawahnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan ialah nilai harga kontrak opsi *put* Amerika saham Oracle Corporation dengan menggunakan *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi acak *Halton* sebesar \$3.496807. Sedangkan harga kontrak opsi *put* Amerika saham Oracle Corporation menggunakan *Quasi Monte Carlo* dengan barisan kuasi acak *Sobol* ialah sebesar \$3.463678.

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] S, Stanislaus. *Perbandingan Metode Quasi Monte Carlo dengan Barisan Kuasi-Acak Halton dan Kuasi-Acak Sobol dalam Option Pricing*.Majalah Ekonomi dan Komputer No. 1 Tahun XV. Jakarta. 2007
 [4] I G.P.N. Mahyoga, dkk, *Penentuan Harga Kontrak Opsi Tipe Eropa Menggunakan Metode Quasi Monte Carlo dengan*

Barisan Kuasi-Acak Halton, E-Jurnal Matematika, Volume 3, (Bali:2014)
 [5] Halim, Abdul. *Analisis Investasi di Aset Keuangan*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 2015
 [6] Vina Kurniadi, *Analisis Black-Scholes Terhadap Opsi Sebagai Alat Pengambilan Keputusan Investor pada Opsi yang Diperjualbelikan di New York Securities Excanghe*, Jurnal Gunadarma University, (Jakarta: 2010) h. 4.
 [7] Gumati, Noviadhini Puji. 2013. *Aplikasi Metode Monte Carlo pada Penentuan Harga Opsi Amerika*. Universitas Pendidikan Indonesia h. 24.
 [8] Harald Niederreiter.1978, *Quasi Monte Carlo Methods and Pseudo-Random Numbers*, Bulletin of The American Mathematical Society Volume 84, Number 6, November, h. 960-961.