

SKRIPSI

**PENENTUAN HARGA OPSI ASIA MENGGUNAKAN
METODE MONTE CARLO DENGAN TEKNIK REDUKSI
VARIANSI**



Kelvin Chandra Sidhi

NPM: 2015710016

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2019**

FINAL PROJECT

**PRICING ASIAN OPTION USING MONTE CARLO METHOD
WITH VARIANCE REDUCTION TECHNIQUES**



Kelvin Chandra Sidhi

NPM: 2015710016

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN HARGA OPSI ASIA MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO DENGAN TEKNIK REDUKSI VARIANSI

Kelvin Chandra Sidhi

NPM: 2015710016

Bandung, 23 Juli 2019

Menyetujui,

Pembimbing

Dr. Erwinna Chendra

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI

Dr. Benny Yong

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Dr. Erwinna Chendra

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENENTUAN HARGA OPSI ASIA MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO DENGAN TEKNIK REDUKSI VARIANSI

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 23 Juli 2019

Meterai Rp. 6000

Kelvin Chandra Sidhi
NPM: 2015710016

ABSTRAK

Investasi saham menjanjikan imbal hasil yang cukup tinggi, tetapi dengan resiko yang cukup tinggi juga sehingga investor biasanya membeli opsi untuk mengantisipasi tingginya resiko tersebut. Opsi dengan aset dasar berupa saham yang *payoff*-nya menggunakan perhitungan rata-rata disebut opsi Asia. Perhitungan rata-rata harga saham dalam opsi Asia berupa aritmatika dan geometrik. Berdasarkan *payoff*-nya, opsi Asia terdiri dari dua tipe yaitu *fixed strike* dan *floating strike*. Penentuan harga opsi merupakan hal yang penting dalam perdagangan opsi. Salah satu metode untuk menentukan harga opsi adalah metode Monte Carlo. Metode Monte Carlo merupakan metode numerik yang menggunakan bilangan acak berdistribusi normal untuk memperkirakan nilai ekspektasi dari suatu variabel acak dan menggunakan hukum bilangan besar (*law of large numbers*). Untuk meningkatkan efisiensi metode Monte Carlo dari sisi variansi, dapat diterapkan teknik reduksi variansi. Teknik-teknik reduksi variansi yang dibahas pada skripsi ini antara lain *antithetic variates* dan *control variates*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin banyak simulasi yang dilakukan, harga opsi yang diperoleh akan semakin akurat. Selain itu, dengan menerapkan teknik reduksi variansi dapat mengurangi jumlah simulasi yang diperlukan, dengan kata lain diperoleh hasil dengan kekonvergenan yang lebih cepat.

Kata-kata kunci: Opsi Asia, Metode Monte Carlo, Teknik Reduksi Variansi

ABSTRACT

Stock investment promises high returns, but with a high risk too. Therefore, the investors usually buy options to anticipate the high risk. The option with underlying assets in the form of stocks that the payoff is determined by the average underlying price over some pre-specified period of time is called Asian option. There are two types of averaging such as arithmetic and geometric. Based on its payoff, there are also two main types of Asian option, they are fixed strike and floating strike. Valuating option prices is important in option trading. One of the numerical methods for valuating option prices is the Monte Carlo method. A Monte Carlo method is a numerical procedure that generate normally distributed random number to estimate the expectation value of a random variable and uses the law of large numbers. To improve the efficiency of the Monte Carlo method in terms of variance, variance reduction techniques can be applied. Variance reduction techniques discussed in this paper include antithetic variates and control variates. The simulation results show that the more simulations performed, the more accurate results will be obtained. In addition, by applying the variance reduction technique can reduce the number of simulations needed, in other words it obtained faster convergence results.

Keywords: Asian Option, Monte Carlo Method, Variance Reduction Techniques

Where there is a will, there is a way. If there is a chance in a million that you can do something, anything, to keep what you want from ending, do it.

KATA PENGANTAR

Terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa karena dengan bimbingan-Nya dan karunia-Nya penulis dapat melaksanakan Tugas Akhir yang berjudul “PENENTUAN HARGA OPSI ASIA MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO DENGAN TEKNIK REDUKSI VARIANSI”. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan di Universitas Katolik Parahyangan. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena oleh bimbingan-Nya penulis selalu mendapat pengharapan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Erwinna Chendra, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberi dukungan, semangat, ilmu-ilmu, saran dan dukungan kepada penulis selama tugas akhir berlangsung dan selama pembuatan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Benny Yong, selaku dosen penguji I Tugas Akhir. Terima kasih atas dukungan, semangat, ilmu-ilmu, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini
4. Bapak Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI, selaku dosen penguji II dalam Tugas Akhir. Terima kasih atas dukungan, semangat, ilmu-ilmu, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen dan staff Fakultas Teknologi Informasi dan Sains UNPAR yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Segenap jajaran staf dan karyawan UNPAR yang turut membantu kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Orang tua tercinta yang selalu menyediakan waktu untuk memberikan doa, semangat dan dukungan yang tak habis-habisnya kepada penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk nasihat, masukan, perhatian, teguran dan kasih sayang yang diberikan hingga saat ini.
8. Teman-teman seangkatan dan sejurusan dari dalam maupun luar lingkungan kampus yang telah memberikan semangat, nasihat, perhatian, dan dukungan hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan waktu dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran untuk membangun kesempurnaan tugas akhir ini sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat membantu pihak-pihak yang membutuhkannya.

Bandung, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Pembahasan	2
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengenalan Opsi	5
2.2 Opsi Asia	8
2.3 Proses Pergerakan Harga Saham	9
2.4 Formula Black-Scholes-Merton Untuk Opsi Eropa	11
2.5 Metode Monte Carlo	14
2.5.1 Antithetic variate	15
2.5.2 Control Variate	17
3 MODIFIKASI METODE MONTE CARLO UNTUK OPSI AMERIKA	19
4 PENENTUAN HARGA OPSI <i>Call</i> ASIA TIPE EROPA DAN TIPE AMERIKA MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO	23
5 KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR REFERENSI	29

DAFTAR GAMBAR

2.1	Profit membeli opsi <i>call</i>	6
2.2	Profit membeli opsi <i>put</i>	6
2.3	Profit menjual opsi <i>call</i>	7
2.4	Profit menjual opsi <i>put</i>	8
3.1	Pohon simulasi harga saham dari t_0 sampai t_2	19
3.2	Ilustrasi algoritma	21
4.1	Harga opsi <i>call</i> Asia tipe Eropa	23
4.2	Harga opsi <i>call</i> Asia tipe Amerika	24

DAFTAR TABEL

4.1	Masukan-masukan untuk penentuan harga opsi <i>call</i> Asia	23
4.2	Perbandingan harga opsi antara metode Monte Carlo standar, Monte Carlo <i>antithetic variate</i> , dan Monte Carlo <i>control variate</i>	24
4.3	Hasil simulasi Monte Carlo menggunakan <i>control variate</i> untuk opsi <i>call</i> Asia tipe Amerika	25

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kegiatan jual beli, tentunya seseorang ingin memperoleh keuntungan sebanyak-banyaknya. Begitu pula dalam berinvestasi, seorang investor ingin mencapai target keuntungan yang dituju dengan risiko kerugian yang kecil. Dalam dunia keuangan terdapat beberapa produk yang diperdagangkan. Tidak hanya memperdagangkan aset saja, tetapi investor juga dapat memperdagangkan produk keuangan yang lain. Salah satunya adalah derivatif. Derivatif adalah suatu produk keuangan berbentuk kontrak yang ditransaksikan oleh dua pihak atau lebih. Harga dari derivatif bergantung pada aset yang tertera di dalamnya dan memiliki waktu jatuh tempo tertentu. Perdagangan derivatif ini dapat melalui pasar bursa (*exchange-traded market*) atau pasar bebas (*over-the-counter market*). Umumnya derivatif terdiri dari *option*, *future*, *forward*, dan *swap*. Dalam skripsi ini akan dibahas mengenai opsi (*Option*) khususnya opsi Asia [1].

Opsi adalah suatu kontrak perjanjian antara pembeli dan penjual yang memberikan hak (bukan kewajiban) kepada pembeli untuk menjual atau membeli suatu aset dengan harga dan waktu jatuh tempo tertentu. Pembeli opsi perlu membayar biaya opsi tersebut. Umumnya aset yang tertera dalam kontrak opsi berupa saham. Saat melakukan jual beli opsi, pembeli dapat memilih apakah mau atau tidak mengeksekusi opsinya tergantung harga saham di pasar pada waktu jatuh tempo. Pembeli opsi biasanya akan mengeksekusi opsinya jika transaksi tersebut menguntungkan. Sebaliknya, pembeli opsi tidak akan mengeksekusi opsinya jika transaksi tersebut tidak menguntungkan karena akan mengalami kerugian. Dalam berinvestasi menggunakan opsi, kerugian yang dialami investor dibatasi hanya sebesar biaya opsi itu [1].

Opsi Asia adalah salah satu jenis opsi eksotis karena nilai *payoff*-nya ditentukan dari rata-rata harga aset selama periode waktu yang ditentukan sebelumnya. Opsi Asia digolongkan sebagai opsi *path-dependent*. Berbeda dari opsi *path-independent*, opsi yang digolongkan dalam kategori *path-dependent* memiliki *payoff* yang bergantung pada harga aset selama masa berlakunya. Opsi *path-independent*, contohnya opsi jenis Eropa yang *payoff*-nya hanya dilihat pada waktu jatuh tempo. Penentuan harga opsi Asia merupakan salah satu topik yang menarik dalam bidang matematika keuangan.

Dalam menentukan harga opsi, model yang sangat dasar dan sering digunakan untuk mencari solusi analitiknya adalah model Black-Scholes-Merton. Namun, model Black-Scholes-Merton tidak cocok digunakan pada opsi yang perhitungan *payoff*-nya kompleks dan tingkat suku bunga yang tidak konstan karena dapat menimbulkan kesalahan (*error*) yang cukup besar. Oleh karena itu, akan digunakan salah satu metode numerik yaitu metode Monte Carlo untuk menentukan harga opsi Asia [2].

Metode Monte Carlo merupakan metode numerik untuk memperkirakan nilai ekspektasi dengan membangkitkan variabel acak berdistribusi normal dan menggunakan hukum bilangan besar (*law of large numbers*). Metode ini memiliki kelemahan yaitu diperlukan jumlah simulasi yang sangat besar untuk mendapatkan hasil yang akurat dan tingkat kekonvergenannya berjalan dengan lambat. Dalam skripsi ini digunakan metode Monte Carlo dengan teknik reduksi variansi sehingga kekonvergenannya akan lebih cepat dan *error*-nya lebih kecil dibandingkan dengan metode Monte Carlo standar [3].

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah

1. Bagaimana cara menentukan harga opsi *call* Asia tipe Eropa dengan metode Monte Carlo standar dan Monte Carlo teknik reduksi variansi?
2. Bagaimana hasil simulasi yang diperoleh antara Monte Carlo standar dan Monte Carlo teknik dengan reduksi variansi untuk opsi *call* Asia tipe Eropa?
3. Bagaimana cara menentukan harga opsi *call* Asia tipe Amerika dengan metode Monte Carlo?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Menentukan harga opsi *call* Asia tipe Eropa dengan metode Monte Carlo standar dan metode Monte Carlo teknik reduksi variansi.
2. Membandingkan hasil simulasi antara Monte Carlo standar dan Monte Carlo teknik dengan reduksi variansi untuk opsi *call* Asia tipe Eropa.
3. Menentukan harga opsi *call* Asia tipe Amerika dengan metode Monte Carlo.

1.4 Batasan Masalah

Pada skripsi ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Tidak ada pembagian dividen.
2. Tingkat suku bunga bebas risiko dianggap konstan.
3. Hanya menentukan harga opsi *call* Asia tipe *fixed strike*

1.5 Sistematika Pembahasan

Penulisan skripsi ini akan terbagi menjadi 5 bab yaitu:

1. Bab 1: Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

2. Bab 2: Landasan Teori

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengenalan opsi, opsi Asia, proses pergerakan harga saham, formula Black-Scholes-Merton untuk opsi Eropa dan metode Monte Carlo.

3. Bab 3: Modifikasi Metode Monte Carlo untuk Opsi Amerika

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana cara kerja metode Monte Carlo yang telah dimodifikasi untuk opsi Amerika.

-
4. Bab 4: Penentuan Harga Opsi *call* Asia tipe Eropa dan tipe Amerika menggunakan metode Monte Carlo

Pada bab ini akan dibahas bagaimana menentukan harga opsi *call* Asia tipe Eropa dan tipe Amerika dengan metode Monte Carlo.

5. Bab 5: Kesimpulan dan Saran.

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil simulasi dan saran dari penulis yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut berkaitan dengan topik ini.