

**METODE MONTE CARLO ANTITHETIC VARIATE
DALAM PENENTUAN NILAI OPSI DOUBLE BARRIER**

SKRIPSI

**OLEH
NUR CHOLIS SANTIYA DEWI
NIM. 16610037**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**METODE MONTE CARLO ANTITHETIC VARIATE
DALAM PENENTUAN NILAI OPSI DOUBLE BARRIER**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh
NUR CHOLIS SANTIYA DEWI
NIM. 16610037**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**METODE MONTE CARLO ANTITHETIC VARIATE
DALAM PENENTUAN NILAI OPSI DOUBLE BARRIER**

SKRIPSI

Oleh
NUR CHOLIS SANTIYA DEWI
NIM. 16610037

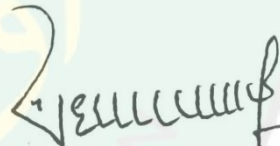
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 13 Mei 2020

Pembimbing I,



Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002

Pembimbing II,



Evawati Alisah, M.Pd
NIP. 19720604 199903 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

**METODE MONTE CARLO ANTITHETIC VARIATE
DALAM PENENTUAN NILAI OPSI DOUBLE BARRIER**

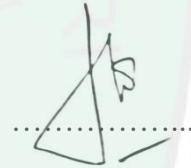
SKRIPSI

Oleh
NUR CHOLIS SANTIYA DEWI
NIM. 16610037

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 13 Mei 2020

Penguji Utama : Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002



Ketua Penguji : Dr. Imam Sujarwo, M.Pd
NIP. 19630502 198703 1 005



Sekretaris Penguji : Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002



Anggota Penguji : Evawati Alisah, M.Pd
NIP. 19720604 199903 2 001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Cholis Santiya Dewi

NIM : 16610037

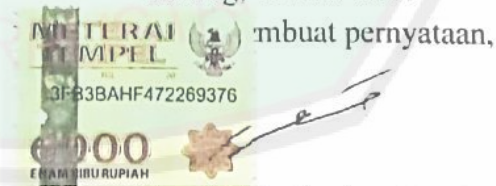
Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* Dalam Penentuan Nilai Opsi *Double Barrier*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambiln data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 13 Mei 2020



Nur Cholis Santiya Dewi
NIM. 16610037

MOTTO

“Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya
menggunakan untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”
(H.R. Muslim)



PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayahanda Moch. Hasan, Ibunda Syamsiyati, saudara-saudaraku tercinta,
serta guru dan dosen terhormat yang selalu memberikan dukungan baik moral
maupun spiritual dan bimbingan bagi penulis.



KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abd. Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan berbagi pengalaman yang berharga kepada penulis.
5. Evawati Alisah, M.Pd, selaku dosen pembimbing II sekaligus dosen wali yang telah banyak memberikan motivasi, arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh

dosen, terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis.

7. Ayahanda Moch Hasan dan Ibunda Syamsiyati yang selalu memberikan doa, semangat, serta motivasi kepada penulis hingga saat ini.
8. Saudara-saudara yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
9. Seluruh teman-teman mahasiswa di Jurusan Matematika terutama teman-teman satu bimbingan Financial Mathematics 2016 yang telah berjuang bersama-sama dan saling membantu untuk menyelesaikan penelitian ini, dan juga Hellyatus, Weka, Intan dan Mumtaz yang telah menemani penulis dalam suka maupun duka selama proses menuntut ilmu.
10. Sahabatku KLMN dan seluruh anggota keluarga MAKBI MAN 3 Malang yang selalu ada di sisi penulis dan memberikan kenangan-kenangan indah.
11. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materiil.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 13 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SIMBOL	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
المخلص	xx
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Distribusi Normal.....	8
2.2 Proses Stokastik Pada Harga Saham	9
2.3 Hukum Bilangan Besar	11
2.4 Saham dan Opsi	12
2.5 Opsi <i>Double Barrier</i>	16
2.6 Model <i>Black-Scholes</i>	17
2.7 Simulasi Monte Carlo Standart	19
2.8 Simulasi <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	21

2.9	Return dan Volatilitas Harga Saham.....	23
2.10	Simulasi dalam Islam	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis dan Sumber Data	27
3.2	Variabel dan Parameter Penelitian	27
3.3	Metode Analisis Data	27
3.3.1	Persiapan Penelitian.....	27
3.3.2	Analisis Data.....	28
3.4	Flowchart Analisis Data	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Simulasi Numerik Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> pada Penentuan Nilai Opsi <i>Double Barrier</i>	32
4.1.1	Penentuan Nilai Parameter Menggunakan Data Historis Saham	32
4.1.2	Metode <i>Monte Carlo</i> Standart pada Penentuan Nilai Opsi <i>Double Barrier</i>	34
4.1.3	Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> pada Penentuan Nilai Opsi <i>Double Barrier</i>	48
4.2	Perbandingan Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> pada Penentuan Nilai Opsi <i>Double Barrier Knock-Out</i>	64
4.3	Implementasi Nilai Opsi <i>Double Barrier</i> Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	71
4.4	Nilai-nilai dalam Islam.....	75

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	78

DAFTAR RUJUKAN	79
-----------------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Perhitungan Nilai Payoff dan Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $M = 10$	38
Tabel 4. 2	Hasil Penentuan Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$	39
Tabel 4. 3	Perhitungan Nilai Payoff dan Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $M = 10$	45
Tabel 4. 4	Hasil Penentuan Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$	46
Tabel 4. 5	Output Perhitungan Penduga Kedua Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	53
Tabel 4. 6	Hasil Rata-rata dari Kedua Penduga Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	54
Tabel 4. 7	Hasil Penentuan Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	55
Tabel 4. 8	Output Perhitungan Penduga Kedua Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	61
Tabel 4. 9	Hasil Rata-rata dari Kedua Penduga Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	62
Tabel 4. 10	Hasil Penentuan Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	63
Tabel 4. 11	Perbandingan Hasil Penentuan Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	65
Tabel 4. 12	Perbandingan Nilai Simpangan Baku dari Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	66

Tabel 4. 13	Perbandingan Hasil Penentuan Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> dengan Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	68
Tabel 4. 14	Perbandingan Nilai Simpangan Baku dari Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Grafik Pergerakan Harga Saham dari 1 Maret 2015 hingga 28 Februari 2020	32
Gambar 4.2	Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $K = \$77,26$	36
Gambar 4. 3	Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $M = 10$ dan $K = \$77,26$	37
Gambar 4. 4	Grafik Nilai Opsi <i>Call Monte Carlo</i> Standart Terhadap Banyak Simulasi.....	40
Gambar 4. 5	Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $K = \$83,26$	43
Gambar 4. 6	Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo</i> Standart dengan $M = 10$ dan $K = \$83,26$	44
Gambar 4. 7	Grafik Nilai Opsi <i>Put Monte Carlo</i> Standart Terhadap Banyak Simulasi.....	47
Gambar 4. 8	Dua alur pergerakan harga saham metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> dengan $K = \$77,26$	50
Gambar 4. 9	Penduga Kedua Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> dengan $M = 10$ dan $K = \$77,26$	52
Gambar 4. 10	Grafik Nilai Opsi <i>Call Monte Carlo Antithetic Variate</i> Terhadap Banyak Simulasi	56
Gambar 4. 11	Dua alur pergerakan harga saham metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> dengan $K = \$83,26$	58
Gambar 4. 12	Penduga Kedua Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i> dengan $M = 10$ dan $K = \$83,26$	60
Gambar 4. 13	Grafik Nilai Opsi <i>Put Monte Carlo Antithetic Variate</i> Terhadap Banyak Simulasi	64
Gambar 4. 14	(a) Grafik Perbandingan Nilai Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> untuk <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Antithetic Variate</i> , (b) Grafik Perbandingan Nilai <i>Standard Error</i> Opsi <i>Call Double Barrier Knock-Out</i> untuk <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Antithetic Variate</i>	67

Gambar 4. 15	(a) Grafik Perbandingan Nilai Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> untuk <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Antithetic Variate</i> , (b) Grafik Perbandingan Nilai <i>Standard Error</i> Opsi <i>Put Double Barrier Knock-Out</i> untuk <i>Monte Carlo</i> Standart dan <i>Antithetic Variate</i>	70
--------------	---	----



DAFTAR SIMBOL

Simbol-simbol yang digunakan dalam skripsi ini mempunyai makna yaitu sebagai berikut:

ϵ	: Bilangan acak berdistribusi normal baku
μ	: Rata-rata
σ^2	: Variansi
σ_M^2	: Variansi nilai opsi metode <i>Monte Carlo</i> Standart
$\widehat{\sigma_M^2}$	: Variansi nilai opsi metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>
C	: <i>Payoff</i> opsi <i>call</i>
CI	: Selang kepercayaan metode <i>Monte Carlo</i> Standart
$\widehat{CI}$	: Selang kepercayaan metode <i>Monte Carlo Antithetic Variate</i>
K	: Harga kesepakatan
L	: Nilai <i>barrier</i> bawah
M	: Banyaknya simulasi
P	: <i>Payoff</i> opsi <i>put</i>
r	: Tingkat suku bunga bebas risiko
S	: Harga saham
S_0	: Harga saham pada waktu awal
S_t	: Harga saham pada waktu t
T	: Waktu jatuh tempo
t	: Periode
U	: Nilai <i>barrier</i> atas
V	: Nilai opsi saat $t = 0$

- V_C : Nilai opsi *call* menggunakan *Monte Carlo* Standart
- V_P : Nilai opsi *put* menggunakan *Monte Carlo* Standart
- $\widehat{V}_C$: Nilai opsi *call* menggunakan *Monte Carlo Antithetic Variate*
- $\widehat{V}_P$: Nilai opsi *put* menggunakan *Monte Carlo Antithetic Variate*
- V_{BC} : Nilai opsi *call* menggunakan *Black-Scholes*
- V_{BP} : Nilai opsi *put* menggunakan *Black-Scholes*



ABSTRAK

Dewi, Nur Cholis Santiya. 2020. **Metode Monte Carlo Antithetic Variate dalam Penentuan Nilai Opsi Double Barrier**. Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M. Si. (II) Evawati Alisah, M. Pd.

Kata kunci: *Antithetic Variate*, opsi *Double Barrier*, simulasi *Monte Carlo*

Metode *Monte Carlo* telah banyak digunakan dalam penentuan harga produk derivatif. Opsi merupakan salah satu produk derivatif yang digunakan sebagai alat untuk mengendalikan resiko fluktuasi di pasar saham. *Monte Carlo Antithetic Variate* merupakan salah satu metode simulasi numerik dengan teknik reduksi variansi. Tujuan dari penelitian ini yaitu membandingkan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dengan *Monte Carlo Standart* dalam penentuan nilai opsi *call* dan *put Double Barrier Knock-Out*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *call* dan *put* menghasilkan *standard error* yang lebih kecil dan lebih cepat konvergen ke nol dari pada *Monte Carlo Standart*. Teknik reduksi variansi dari *Monte Carlo Antithetic Variate* berhasil memperkecil simpangan baku yang dihasilkan oleh *Monte Carlo Standart*. Dengan simulasi sebanyak 10.000 menunjukkan bahwa nilai opsi *call* dan *put* yang dihasilkan *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih mendekati solusi analitik *Black-Scholes* dibandingkan dengan *Monte Carlo Standart*. Semakin banyak simulasi yang dilakukan maka semakin kecil *standard error* yang dihasilkan. Semakin kecil rentang *barrier* yang ditetapkan maka semakin kecil simpangan baku yang dihasilkan.

ABSTRACT

Dewi, Nur Cholis Santiya. 2020. **Antithetic Variate Monte Carlo Method for Double Barrier Option Pricing**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Abdul Aziz, M. Si. (II) Evawati Alisah, M. Pd.

Keywords: Antithetic Variate, Double Barrier option, Monte Carlo simulation

Monte Carlo methods are widely used in the pricing of derivative securities. Option is a derivative product that is used to control the risk of market fluctuations. Antithetic Variate Monte Carlo is a numerical simulation method with a variance reduction technique. The purpose of the study is to compare the numerical result between Antithetic Variate Monte Carlo and Standard Monte Carlo method for Double Barrier Knock-Out call and put option pricing. From the computational results we find that the standard error of option value using Antithetic Variate Monte Carlo is smaller and converges faster than the Standard Monte Carlo method. The results also show that the Antithetic Variate Monte Carlo has a smaller standard deviation than the standard Monte Carlo method, it shows that variance reduction technique of the Antithetic Variate Monte Carlo method is work. With a simulation of 10,000 the result of Antithetic Variate Monte Carlo method is closer to the Black-Scholes as the exact value. The standard error gets smaller as the number of simulation gets larger. Also, the smaller the range of barriers the smaller the standard deviation.

الملخص

سانتيا، ديوي نور خالص. ٢٠٢٠. طريقة *Monte Carlo Antithetic Variate* في تصميم نتيجة خيار *Double Barrier*. بحث جامعي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (١) عبد العزيز الماجستير. (٢) إيفاواتي أليسة الماجستير

الكلمات الأساسية: المحاكاة عن *Monte Carlo*، *Antithetic Variate*، خيار *Double Barrier*

محاكاة *Monte Carlo* قد استخدمت الأكثر في تصميم قيمة المنتج المشق. الخيار هو إحدى المنتجات المشتقة الذي يستخدم كوسيلة لسيطرة على خطر تقلب السعر في سوق الأسهم. *Monte Carlo Antithetic Variate* هو إحدى طرق المحاكاة العددية باستخدام تقنية التحفيض الفرقي. هدف هذا البحث هو مقارنة الطريقة *Monte Carlo Antithetic Variate* بـ *Monte Carlo Standard* في تصميم نتيجة خيار *call* و *put Double Barrier Knock-Out*. تظهر النتيجة لهذا البحث أنّ *Monte Carlo Antithetic Variate* في تصميم نتيجة خيار *call* و *put* قد حصل على الخطأ المعياري (*standard error*) الأصغر والأسرع مقاربا إلى الصفر من *Monte Carlo Standard*. يمكن تقنية التخفيض التباين لـ *Monte Carlo Antithetic Variate* من تصغير الانحراف المعياري الذي يحصل عليه *Monte Carlo Standard*. بالمحاكاة على عشرة آلاف (10.000) قد أظهرت نتيجة على أنّ قيمة خيار *call* و *put* التي يحصل عليها *Monte Carlo Antithetic Variate* أقرب إلى الحل التحليلي لـ *Black-Scholes* مقارنة بـ *Monte Carlo Standard*. كلما زادت عملية المحاكاة فيصبح أيضا الخطأ المعياري (*standard error*) صغيرا. و كلما يكون مدى *barrier* الذي تمّ تعيينه أصغر فيكون الانحراف المعياري المحصول عليه أصغر.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika merupakan ilmu yang sangat berperan besar dalam perkembangan pengetahuan dan teknologi modern. Matematika sebagai alat penting yaitu dasar dari perkembangan berbagai bidang ilmu, diantaranya ilmu kedokteran, ilmu alam, ilmu ekonomi, dan lain-lain. Salah satu cabang ilmu matematika yang bisa diterapkan secara langsung di kehidupan nyata yaitu statistika. Statistika merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang mempelajari tentang analisis dan interpretasi suatu data dengan perhitungan yang teliti. Peran matematika tidak hanya pada perhitungan dengan rumus-rumus, akan tetapi kemampuan analisis, logika, dan ketelitian juga sangat bermanfaat. Seseorang dengan pemahaman matematika yang cukup akan dapat menyikapi suatu permasalahan dengan lebih baik, karena kemampuan analisis dan logika matematika dapat berpengaruh dalam mengambil keputusan, merespon permasalahan, dan lain-lain.

Kegiatan jual beli atau perdagangan sudah dilakukan manusia sejak zaman dahulu, sebelum ditetapkan dan ditemukannya nilai mata uang proses jual beli dilakukan dengan sistem barter, yaitu saling menukar barang atau jasa. Setelah ditemukannya uang dan seiring berkembangnya zaman, investasi mulai berkembang pesat. Berbagai produk investasi mulai banyak digunakan. Investasi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu investasi pada aset nyata atau aset riil dan investasi pada aset tidak nyata atau aset keuangan (Diandra, 2016). Salah satu

produk investasi yang sangat populer adalah opsi karena pada opsi pelaku investasi dapat mengontrol risiko dan berpotensi menghilangkannya (Mawby, 2007). Opsi dapat termasuk kategori aset riil atau aset keuangan tergantung pada *underlying asset*nya (Damodaran, 2012).

Opsi adalah kontrak yang memberi pemegang opsi hak, tetapi bukan kewajiban, untuk membeli atau menjual sebuah *underlying asset* dengan harga tertentu pada waktu tertentu selama periode tertentu (Sinclair, 2010). Beberapa jenis opsi yang diperdagangkan di pasar modal adalah opsi eksotik dan opsi vanilla. *Payoff* opsi vanilla hanya bergantung pada harga *underlying asset* pada saat jatuh tempo dan harga kesepakatannya. Sedangkan *payoff* opsi eksotik tidak hanya bergantung pada harga *underlying asset* pada saat jatuh tempo, tetapi bergantung pada bagaimana harga *underlying asset* pada saat jatuh tempo tersebut bisa tercapai. Opsi vanilla diantaranya yaitu Opsi Eropa dan Opsi Amerika. Sedangkan salah satu diantara jenis opsi eksotik yaitu opsi *Barrier*. (Zhang, 1998).

Opsi *Barrier* adalah opsi yang *payoff*-nya dapat hidup atau mati bergantung pada apakah harga *underlying asset* melintasi level tertentu atau tidak selama waktu yang ditentukan (Higham, 2004). Opsi *Barrier* sangat populer di kalangan investor karena adanya *barrier* yang mana dapat memberi investor perlindungan tambahan (Weert, 2008). Sehingga penting untuk menemukan metode yang efisien dalam penentuan nilai opsi *Barrier*.

Perhitungan nilai opsi bisa dilakukan dengan menyelesaikan perhitungan analitik menggunakan *Black-Scholes*. Tetapi model *Black-Scholes* khususnya pada opsi *Double Barrier* sangat rumit dan tidak mudah. Salah satu metode

numerik yang dapat digunakan untuk mengaproksimasi solusi analitik tersebut adalah metode simulasi *Monte Carlo* (James, 2003). Keefisienan dan keakuratan hasil metode simulasi *Monte Carlo* dapat ditingkatkan dengan meningkatkan jumlah jalur dalam simulasi (Jabbour & Liu, 2005).

Allah Swt. berfirman di dalam al-Quran surat an-Nahl/16:12 yaitu:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٌ بِأَمْرِهِ
إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

“Dan dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untukmu. dan bintang-bintang itu ditundukkan (untukmu) dengan perintah-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memahami (nya)” (QS. An-Nahl/16:12)

Dalam simulasi *Monte Carlo* nilai opsi *Double Barrier* yang harus diperhatikan adalah harga saham di setiap waktu selama jangka waktu tertentu, ketika memperhatikan setiap pergerakan itu merupakan salah satu bentuk melaksanakan perintah Allah dalam Surat An-Nahl ayat 12 di atas yang menyatakan bahwa kita harus melihat dan memperhatikan alam semesta serta membaca apa yang ada di sekitar.

Penentuan nilai opsi telah diteliti oleh Asna (2011) dimana ia telah menentukan nilai opsi *call* Eropa dengan metode simulasi *Monte Carlo*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa ada lima faktor yang mempengaruhi nilai opsi, yaitu harga saham awal, harga pelaksanaan, tingkat bunga bebas risiko, masa kontrak dan volatilitas. Penelitian terkait juga dilakukan oleh Lessy (2013) yang menentukan nilai opsi *Barrier* menggunakan metode simulasi *Monte Carlo*. Pada penelitian tersebut dibandingkan hasil simulasi *Monte Carlo* dengan banyak

langkah yang berbeda-beda dalam penentuan nilai opsi *Barrier call* dan *put*. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa nilai opsi dapat ditentukan dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* dan pada simulasi tersebut semakin besar banyak langkah maka semakin memperkecil lebar selang. Sedangkan penelitian Putri, Dharmawan & Sumarjaya (2018) membahas mengenai penentuan nilai opsi *Barrier* tipe Eropa menggunakan metode *Antithetic Variate* pada simulasi *Monte Carlo*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa simulasi *Monte Carlo* dalam penentuan nilai opsi *Barrier* menggunakan metode *Antithetic Variate* menghasilkan nilai opsi yang lebih rendah daripada metode standarnya, sehingga hasilnya lebih mendekati solusi analitik nilai opsi daripada simulasi *Monte Carlo Standart*. Simulasi *Monte Carlo Standart* menghasilkan nilai *standard error* lebih besar dan selang kepercayaan yang panjang sedangkan pada simulasi *Monte Carlo Antithetic Variate* menghasilkan nilai *standard error* lebih kecil dan selang kepercayaan yang lebih pendek.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian di atas terutama Putri, Dharmawan & Sumarjaya (2018), peneliti tertarik untuk membandingkan metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Atithetic Variate*. Putri, Dharmawan & Sumarjaya (2018) telah meneliti metode *Monte Carlo Atithetic Variate* pada penentuan nilai opsi *Single Barrier* namun belum meneliti metode tersebut pada opsi *Double Barrier*. Sehingga peneliti akan membandingkan metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Atithetic Variate* pada penentuan nilai opsi *Double Barrier*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana simulasi numerik metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier*?
2. Bagaimana perbandingan metode *Monte Carlo* Standart dengan *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier*?
3. Bagaimana implementasi nilai opsi *Double Barrier* metode *Monte Carlo Antithetic Variate*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil simulasi numerik metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier*.
2. Untuk mengetahui perbandingan metode *Monte Carlo* Standart dengan *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier*.
3. Untuk mengetahui implementasi nilai opsi *Double Barrier* metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai pengembangan metode *Monte Carlo* Standart dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier*.
2. Sebagai tambahan wawasan dan referensi tentang perbandingan antara metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier*.
3. Sebagai tambahan wawasan mengenai implementasi nilai opsi *Double Barrier* metode *Monte Carlo Antithetic Variate*.

1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan masalah pada penelitian ini, maka diperlukan adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Opsi yang diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* untuk opsi *Call* dan *Put* tipe Eropa.
2. Tingkat suku bunga konstan, volatilitas konstan dan tanpa pembagian dividen.
3. Simulasi dilakukan sebanyak 10, 100, 1.000, 10.000 kali.
4. Hanya membandingkan nilai *standard error* dan simpangan baku.
5. Data yang digunakan adalah data simulasi dan data historis harga saham.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan tentang gambaran umum teori-teori yang mendasari pembahasan, diantaranya: distribusi normal, proses stokastik, hukum bilangan besar, *Black-Scholes* opsi *Double Barrier*, metode *Monte Carlo* Standart, dan *Monte Carlo Antithetic Variate*.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini akan diuraikan tentang metode penelitian, antara lain jenis dan sumber data, variabel dan parameter penelitian, metode analisis data yang berupa persiapan penelitian dan analisis data serta *flowchart* analisis data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini merupakan inti dari skripsi yang berisi tentang uraian dari simulasi numerik dan perbandingan hasil metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* pada penentuan nilai opsi *Double Barrier* Tipe Eropa.

Bab V Penutup

Pada bab ini disajikan tentang kesimpulan dari hasil pembahasan dan dilengkapi dengan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Terminologi normal itu sendiri bukan tidak pada tempatnya, karena memang distribusi ini adalah yang paling banyak digunakan sebagai model data riil di bidang yang meliputi antara lain kesalahan-kesalahan pengukuran dalam eksperimen ilmiah, pengukuran nilai skor berbagai pengujian, dan berbagai ukuran dan indikator ekonomi. Bahkan meskipun variabel yang ditangani adalah variabel diskrit, kurva distribusi normal sering juga digunakan sebagai pendekatan (Harinaldi, 2005).

Jika X adalah variabel acak kontinu dengan fungsi kepadatan (Higham, 2004):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (2.1)$$

maka kita katakan X berdistribusi normal baku dan kita tulis $X \sim N(0,1)$. N melambangkan distribusi normal, dengan rata-rata 0 dan variansi 1; sehingga untuk X tersebut kita punya $E(X) = 0$ dan $\sigma^2 = 1$. Lebih umumnya, sebuah variabel acak $N(\mu, \sigma^2)$, yang mempunyai fungsi kepadatan:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.2)$$

mempunyai rata-rata μ dan variansi σ^2 .

2.2 Proses Stokastik Pada Harga Saham

Suatu variabel yang nilainya berubah seiring waktu dengan cara yang tak pasti dikatakan ia mengikuti proses stokastik. Proses stokastik dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu proses stokastik dengan parameter waktu diskrit dan parameter waktu kontinu. Proses stokastik dengan waktu diskrit adalah proses stokastik dimana nilai variabelnya dapat berubah hanya pada titik-titik waktu tertentu, sedangkan proses stokastik dengan waktu kontinu adalah proses stokastik dimana perubahan nilai variabelnya dapat terjadi kapanpun (Hull, 2012).

Proses markov adalah jenis khusus dari proses stokastik dimana hanya nilai sekarang dari sebuah variabel yang bersangkutan untuk memprediksi nilai di masa yang akan datang. Riwayat/sejarah yang sudah berlalu dari variabel tersebut dan bagaimana cara memunculkan nilai sekarang dari masa lalu tidak berkaitan untuk menentukan nilai di masa yang akan datang. Harga saham biasanya diasumsikan mengikuti proses Markov. Jika harga saham mengikuti proses Markov, prediksi untuk masa yang akan datang harus tidak terpengaruh oleh harga saham seminggu yang lalu, sebulan yang lalu, atau setahun yang lalu. Satu-satunya informasi yang relevan adalah harga saham sekarang (Hull, 2012).

Proses Wiener merupakan jenis khusus dari proses stokastik markov dengan rata-rata sebesar 0 dan tingkat variansi sebesar 1 per tahun. Secara formal, variabel z mengikuti proses wiener jika mempunyai 2 sifat berikut (Hull, 2012):

1. Perubahan Δz selama periode waktu pendek Δt adalah

$$\Delta z = \epsilon \sqrt{\Delta t}$$

dimana ϵ berdistribusi normal baku $N(0,1)$

2. Nilai dari Δz untuk 2 interval waktu pendek yang berbeda, Δt , adalah saling bebas.

Ini mengikuti sifat yang pertama bahwa Δz berdistribusi normal dengan

$$\text{Rata-rata dari } \Delta z = 0$$

$$\text{Standar deviasi dari } \Delta z = \sqrt{\Delta t}$$

$$\text{Variansi dari } \Delta z = \Delta t$$

Jenis yang lebih jauh lagi dari proses stokastik disebut dengan *Ito process*. Ini adalah proses Wiener yang diperumum dimana parameter a dan b adalah fungsi-fungsi dari nilai *underlying* x dan waktu t . Di interval waktu kecil antara t dan $t + \Delta t$, variabel berubah dari x ke $x + \Delta x$, sebuah proses Ito dapat ditulis secara aljabar sebagai (Hull, 2012):

$$\Delta x = a(x, t)\Delta t + b(x, t)\epsilon\sqrt{\Delta t}$$

Jika S adalah harga saham pada waktu t , maka ekspektasi *drift rate* di S harus diasumsikan sebesar μS untuk beberapa parameter konstan μ . Ini berarti bahwa di interval waktu pendek, Δt , ekspektasi peningkatan di S adalah sebesar $\mu S \Delta t$. Jika koefisien dari dz adalah nol, sehingga tidak ada ketidakpastian, maka model ini mengimplikasikan bahwa

$$\Delta S = \mu S \Delta t$$

ketika $\Delta t \rightarrow 0$ maka

$$dS = \mu S dt$$

atau

$$\frac{dS}{S} = \mu dt$$

Dengan pengintegralan antara waktu 0 hingga waktu T , kita peroleh

$$S_T = S_0 e^{\mu T}$$

Pada praktiknya tentu saja ada ketidakpastian. Asumsi yang masuk akal adalah bahwa perubahan presentase pengembalian dalam periode waktu yang singkat, Δt , adalah sama terlepas dari harga saham. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan baku dari perubahan dalam periode waktu yang singkat, Δt , harus sebanding dengan harga saham, sehingga menunjukkan pada model

$$dS = \gamma S dt + \sigma S dz \quad (2.3)$$

Atau

$$\frac{dS}{S} = \gamma dt + \sigma dz \quad (2.4)$$

Dimana S adalah harga saham, γ adalah parameter konstan, dt adalah periode waktu, σ adalah volatilitas, dan dz adalah variabel acak dengan z mengikuti proses gerak Brown (Hull, 2012).

2.3 Hukum Bilangan Besar

Misalkan $X_1, X_2, \dots, X_n$ adalah variabel-variabel acak independen (diskrit atau kontinu), dimana masing-masing memiliki rata-rata μ dan variansi σ^2 yang finit. Jika

$$S_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad (2.5)$$

maka

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\left|\frac{S_n}{n} - \mu\right| \geq \varepsilon\right) = 0 \quad (2.6)$$

Karena S_n/n adalah rata-rata aritmatika dari $X_1, X_2, \dots, X_n$, teorema ini menyatakan bahwa probabilitas dari rata-rata aritmatika S_n/n yang berbeda dari

nilai ekspektasinya (μ) yaitu lebih dari ε akan mendekati nol ketika $n \rightarrow \infty$. Salah satu hasil yang lebih kuat, yang mungkin diekspektasikan akan benar adalah bahwa

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S_n}{n} = \mu$$

tetapi ini pada kenyataannya salah (Spiegel, et al., 2004).

Hukum bilangan besar dapat diterapkan untuk memprediksi tingkat kerugian dan kematian. Salah satu contoh penerapan hukum bilangan besar pada perusahaan asuransi jiwa untuk mengetahui penyebaran risiko atas potensi kerugian yang ditanggung oleh perusahaan. Hukum bilangan besar itu berarti semakin besar jumlah orang yang diasuransikan terkena musibah akan semakin besar pula memprediksi kerugian yang timbul secara menyeluruh (Widodo, 2011).

2.4 Saham dan Opsi

Saham adalah surat berharga yang merupakan tanda kepemilikan seseorang atau badan terhadap perusahaan. Sehingga investor yang membeli saham berarti dia memiliki perusahaan tersebut. Tapi kepemilikannya mungkin terbatas, yaitu hanya 0,000001% atau bahkan kurang. Karena jumlah saham yang diterbitkan perusahaan bisa berjuta-juta lembar bahkan milyaran (Oei, 2009). Saham merupakan salah satu surat berharga yang bisa dijadikan sebagai *underlying asset* dalam opsi (Hull, 2012).

Opsi adalah suatu kontrak yang memberikan hak, tetapi bukan kewajiban, kepada pemegang opsi (*holder*) untuk menjual atau membeli suatu *underlying asset* dengan harga tertentu pada periode tertentu. Opsi dibagi menjadi dua jenis dasar, yaitu: opsi *call* dan opsi *put*. Opsi *call* adalah opsi yang

memberikan hak, tetapi bukan kewajiban, kepada *holder* untuk membeli suatu *underlying asset* dengan harga yang telah disepakati pada waktu yang telah ditentukan. Sedangkan opsi *put* adalah opsi yang memberikan hak, tetapi bukan kewajiban, kepada *holder* untuk menjual suatu *underlying asset* dengan harga yang telah disepakati pada waktu yang telah ditentukan (Sinclair, 2010).

Secara umum terdapat dua jenis opsi: opsi standart dan opsi eksotik. Opsi standart, atau disebut juga “opsi vanilla”, adalah opsi yang paling dasar. Tidak seperti kebanyakan opsi eksotik, ketentuan-ketentuan (nominal, harga ketentuan, waktu eksekusi, dll.) pada opsi vanilla telah ditentukan/diketahui sebelumnya. Sedangkan opsi eksotik mempunyai beberapa sebutan yang tergantung pada kondisi tertentu yang dipenuhi selama selang hidup mereka. (Ramirez, 2007). Beberapa produk opsi vanilla diantaranya yaitu opsi Eropa dan opsi Amerika. Sedangkan beberapa opsi yang termasuk opsi eksotik diantaranya opsi *Barrier*, opsi Asia, opsi *Binary* dan lain-lain (Hull, 2012).

Pemegang opsi yang melakukan *exercise* akan mendapatkan keuntungan kotor yang disebut dengan *payoff*. Untuk menghitung nilai dari opsi Eropa didefinisikan (Higham, 2004):

K : *exercise/strike price* (harga kesepakatan)

S_t : harga aset di waktu t

S_T : harga aset di waktu $t = T$ (jatuh tempo)

T : waktu jatuh tempo

Jika $S_T > K$ di waktu jatuh tempo maka *holder* dari opsi *call* Eropa dapat membeli aset tersebut seharga K dan menjualnya di pasar seharga S_T , sehingga diperoleh keuntungan sebesar $S_T - K$. Di sisi lain, jika $K \geq S_T$ maka *holder*

tidak mendapat keuntungan apa-apa. Dengan demikian, nilai opsi *call* Eropa saat jatuh tempo atau disebut *payoff* opsi *call* (C) (Higham, 2004):

$$C = \max(S_T - K, 0) \quad (2.7)$$

Sedangkan untuk opsi *put* Eropa, jika $K > S_T$ di waktu jatuh tempo maka *holder* dari opsi *put* Eropa dapat membeli aset di pasar seharga S_T dan mengeksekusi opsi tersebut dengan menjualnya seharga K , sehingga diperoleh keuntungan sebesar $K - S_T$. Di sisi lain, jika $S_T \geq K$ maka *holder* tidak mendapat keuntungan apa-apa. Dengan demikian, nilai opsi *put* Eropa saat jatuh tempo atau disebut *payoff* opsi *put* (P) (Higham, 2004):

$$P = \max(K - S_T, 0) \quad (2.8)$$

Terdapat 6 faktor yang mempengaruhi nilai opsi saham, yaitu (Hull, 2012):

1. Harga Saham Awal

Harga saham awal yaitu harga saham ketika dilakukannya kontrak.

2. Harga Kesepakatan

Harga yang disepakati ketika melakukan kontrak disebut harga kesepakatan. Nilai opsi *call* menurun selagi harga kesepakatan meningkat. Sedangkan nilai opsi *put* meningkat selagi harga kesepakatan meningkat.

3. Waktu Jatuh Tempo

Tanggal yang ditentukan dalam kontrak disebut tanggal kedaluwarsa atau waktu jatuh tempo. Opsi Eropa baik *call* maupun *put* biasanya menjadi lebih bernilai ketika waktu jatuh temponya meningkat, akan tetapi tidak selalu. Dengan adanya dividen yang mana menyebabkan harga saham menurun, opsi

dengan waktu jatuh tempo yang pendek bisa lebih bernilai dari pada opsi dengan jangka waktu yang panjang.

4. Volatilitas Harga Saham

Volatilitas harga saham merupakan pengukuran statistik untuk fluktuasi harga saham selama periode tertentu. Publik juga mempersepsikan volatilitas sebagai risiko. Semakin tinggi tingkat volatilitas, semakin tinggi pula tingkat ketidakpastian dari imbal hasil (*return*) saham yang dapat diperoleh (Firmansyah, 2006). Nilai-nilai dari opsi *call* maupun *put* meningkat ketika volatilitas harga saham meningkat (Hull, 2012).

5. Tingkat Suku Bunga Bebas Risiko

Dalam praktik, ketika tingkat suku bunga naik, harga saham cenderung turun, dan sebaliknya. Efek gabungan dari kenaikan tingkat suku bunga dan penurunan harga saham yang menyertainya dapat menurunkan nilai opsi *call* dan meningkatkan nilai opsi *put*, dan sebaliknya.

6. Pembayaran Dividen

Dividen merupakan bentuk pendistribusian sebagian keuntungan perusahaan kepada pemegang saham. Perusahaan yang memiliki tingkat akumulasi laba bersih yang cukup baik, biasanya memiliki potensi untuk dapat membagikan sebagian dari laba bersih tersebut kepada pemilik perusahaan (pemegang saham) yaitu dalam bentuk dividen (Hery, 2015). Nilai opsi *call* berhubungan negatif (berlawanan) dengan besarnya dividen, sedangkan nilai opsi *put* berhubungan positif (searah) dengan besarnya dividen (Hull, 2012).

2.5 Opsi *Double Barrier*

Opsi *Barrier* pada saham telah dikenal dan diperdagangkan di pasar sejak 1967. Opsi *Barrier* menjadi sangat terkenal dan merupakan yang paling terkenal diantara opsi eksotik lainnya. Opsi *Barrier* diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, diantaranya opsi *Barrier Standart (Single Barrier)* dan opsi *Double Barrier*. Opsi *Double Barrier* akan hidup atau mati (bergantung apakah jenis opsi *Knock-in* atau *Knock-Out*) jika harga dari *underlying asset* menyentuh *barrier* bawah (L) atau *barrier* atas (U) selama selang waktu hidup opsi.

Jenis-jenis opsi *Double Barrier* yaitu (Haug, 2007):

1. *Up-and-Out* dan *Down-and-Out (Double Knock-Out)*

Opsi ini menjadi tidak bernilai jika harga aset S menyentuh *barrier* selama selang waktu hidup opsi atau sebelum masa kadaluwarsa. Sehingga jika $L < S < U$ selama selang waktu hidup opsi atau sebelum waktu T maka *payoff* untuk opsi *call*nya sebesar $\max(S_T - K; 0)$ dan untuk opsi *put*nya sebesar $\max(K - S_T; 0)$, jika tidak maka *payoff* baik opsi *call* maupun *put* bernilai 0.

2. *Up-and-In* dan *Down-and-In (Double Knock-In)*

Opsi ini menjadi hidup jika harga aset S menyentuh *barrier* selama selang waktu hidup opsi atau sebelum masa kadaluwarsa. Sehingga jika terdapat $S < L$ dan atau $S > U$ selama selang waktu hidup opsi atau sebelum waktu T maka *payoff* untuk opsi *call*nya sebesar $\max(S_T - K; 0)$ dan untuk opsi *put*nya sebesar $\max(K - S_T; 0)$, jika tidak maka *payoff* baik opsi *call* maupun *put* bernilai 0.

2.6 Model Black-Scholes

Nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik call maupun put dapat dihitung menggunakan model *Black-Scholes* berikut (Haug, 2007):

1. Opsi Call Double Barrier Knock-Out

$$V_{BC} = S_0 e^{(b-r)T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \left(\frac{U^n}{L^n} \right)^{\mu_1} \left(\frac{L}{S_0} \right)^{\mu_2} [N(d_1) - N(d_2)] \right. \\ \left. - \left(\frac{L^{n+1}}{U^n S_0} \right)^{\mu_3} [N(d_3) - N(d_4)] \right\} \\ - K e^{-rT} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \left(\frac{U^n}{L^n} \right)^{\mu_1-2} \left(\frac{L}{S_0} \right)^{\mu_2} [N(d_1 - \sigma\sqrt{T}) - N(d_2 - \sigma\sqrt{T})] \right. \\ \left. - \left(\frac{L^{n+1}}{U^n S_0} \right)^{\mu_3-2} [N(d_3 - \sigma\sqrt{T}) - N(d_4 - \sigma\sqrt{T})] \right\} \quad (2.9)$$

dimana:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0 U^{2n}}{K L^{2n}}\right) + \left(b + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0 U^{2n}}{F L^{2n}}\right) + \left(b + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_3 = \frac{\ln\left(\frac{L^{2n+2}}{K S_0 U^{2n}}\right) + \left(b + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_4 = \frac{\ln\left(\frac{L^{2n+2}}{F S_0 U^{2n}}\right) + \left(b + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$\mu_1 = \frac{2[b - \delta_2 - n(\delta_1 - \delta_2)]}{\sigma^2} + 1$$

$$\mu_2 = 2n \frac{(\delta_1 - \delta_2)}{\sigma^2}$$

$$\mu_3 = \frac{2[b - \delta_2 + n(\delta_1 - \delta_2)]}{\sigma^2} + 1$$

$$F = Ue^{\delta_1 T}$$

dimana:

b : tingkat suku bunga (biaya bunga ditambah biaya tambahan)

δ_1 : tingkat kelengkungan dari *barrier* atas

δ_2 : tingkat kelengkungan dari *barrier* bawah

2. Opsi Put Double Barrier Knock-Out

$$V_{BP} = Ke^{-rT} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \left(\frac{U^n}{L^n} \right)^{\mu_1-2} \left(\frac{L}{S_0} \right)^{\mu_2} \left[N(y_1 - \sigma\sqrt{T}) - N(y_2 - \sigma\sqrt{T}) \right] - \left(\frac{L^{n+1}}{U^n S_0} \right)^{\mu_3-2} \left[N(y_3 - \sigma\sqrt{T}) - N(y_4 - \sigma\sqrt{T}) \right] \right\} - S_0 e^{(b-r)T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \left(\frac{U^n}{L^n} \right)^{\mu_1} \left(\frac{L}{S_0} \right)^{\mu_2} \left[N(y_1) - N(y_2) \right] - \left(\frac{L^{n+1}}{U^n S_0} \right)^{\mu_3} \left[N(y_3) - N(y_4) \right] \right\} \quad (2.10)$$

dimana:

$$y_1 = \frac{\ln\left(\frac{SU^{2n}}{EL^{2n}}\right) + \left(b + \frac{Q^2}{2}\right)T}{Q\sqrt{T}}$$

$$y_2 = \frac{\ln\left(\frac{SU^{2n}}{KL^{2n}}\right) + \left(b + \frac{Q^2}{2}\right)T}{Q\sqrt{T}}$$

$$y_3 = \frac{\ln\left(\frac{L^{2n+2}}{ESU^{2n}}\right) + \left(b + \frac{Q^2}{2}\right)T}{Q\sqrt{T}}$$

$$y_4 = \frac{\ln\left(\frac{L^{2n+2}}{KSU^{2n}}\right) + \left(b + \frac{Q^2}{2}\right)T}{Q\sqrt{T}}$$

$$E = Le^{\delta_2 T}$$

2.7 Simulasi Monte Carlo Standart

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk penentuan nilai opsi salah satunya metode simulasi *Monte Carlo*. Ketika *Monte Carlo* diterapkan pada penentuan nilai opsi mekanismenya sederhana, yaitu menghitung *payoff* opsi *call* (C_i) atau *payoff* opsi *put* (P_i) untuk jalur harga saham yang dipilih secara acak antara $t = 0$ dan $t = T$ dan mengulangnya sebanyak-banyaknya untuk memastikan bahwa jalur acak tersebut diambil dari distribusi yang cukup mencerminkan distribusi dari S_t (James, 2003).

Misalkan pada interval waktu $[0, t]$ dengan $t = L\Delta t$ akan dicari harga sahamnya dengan cara menghitung $S_{\Delta t}, S_{2\Delta t}, \dots, S_{L\Delta t}$. Model harga saham S_t akan semakin bagus dengan membuat $\Delta t \rightarrow 0$ sehingga $L \rightarrow \infty$. Model harga saham untuk waktu kontinu t adalah (Higham, 2004):

$$S_t = S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma\sqrt{t}\epsilon} \quad (2.11)$$

dimana:

S_t : harga saham pada waktu t

S_0 : harga saham pada waktu awal

$\mu - \frac{1}{2}\sigma^2$: tingkat suku bunga bebas risiko

σ : volatilitas harga saham

ϵ : bilangan acak berdistribusi normal baku

Sedangkan harga saham untuk setiap urutan waktu $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_M$ dapat dimodelkan sebagai berikut (Higham, 2004):

$$S_{t_{i+1}} = S_{t_i} e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_i} \quad (2.12)$$

Harga saham pada waktu jatuh tempo (S_T) kemudian dapat digunakan untuk mencari nilai *payoff* opsi *call* (C) maupun *payoff* opsi *put* (P) dengan menggunakan persamaan (2.7) atau (2.8). Selanjutnya nilai opsi saat $t = 0$ dapat diperoleh dengan menerapkan faktor diskon yaitu e^{-rT} pada nilai *payoff*. Misalkan ekspektasi nilai opsi menggunakan *Monte Carlo* adalah V_C untuk opsi *call* dan V_P untuk opsi *put*. Sedangkan variansinya adalah σ^2 . Perhitungan rata-rata dari sampel berjumlah besar dapat memberikan aproksimasi yang baik terhadap rata-ratanya. Sehingga jika $C_1, C_2, \dots, C_M$ variabel acak yang saling bebas maka aproksimasi nilai opsi *call* saat $t = 0$ adalah (Higham, 2004):

$$V_C = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} C_i \quad (2.13)$$

Begitu pula dalam mengestimasi nilai opsi *put*, jika $P_1, P_2, \dots, P_M$ variabel acak yang saling bebas maka aproksimasi nilai opsi *put* saat $t = 0$ adalah (Higham, 2004):

$$V_P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} P_i \quad (2.14)$$

Kemudian untuk mengestimasi variansi dari nilai opsi metode *Monte Carlo* Standart tersebut digunakan bentuk tak bias variansi nilai opsi *call* yaitu (Higham, 2004):

$$\sigma_M^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M \left(e^{-rT} C_i - V_C \right)^2 \quad (2.15)$$

Begitu pula untuk mengestimasi variansi dari nilai opsi *put* digunakan cara yang serupa. Opsi *Double Barrier* menggunakan distribusi normal, maka selang kepercayaan 95% untuk estimasi nilai opsi *call* menggunakan metode *Monte Carlo* Standart adalah

$$CI = \left[V_C - 1.96 \frac{\sigma_M}{\sqrt{M}}, V_C + 1.96 \frac{\sigma_M}{\sqrt{M}} \right] \quad (2.16)$$

Rasio $\sigma_M/\sqrt{M}$ pada persamaan tersebut sering disebut sebagai *standard error*. Kemudian selang kepercayaan 95% untuk estimasi nilai opsi *put* digunakan cara yang serupa (Higham, 2004).

2.8 Simulasi *Monte Carlo Antithetic Variate*

Menurut Higham (2004) metode *Monte Carlo Antithetic Variate* merupakan metode untuk meningkatkan efisiensi dari metode *Monte Carlo* Standart. *Antithetic Variate* dapat diterapkan secara luas dan mudah diimplementasikan. Metode *Monte Carlo* menggunakan sampel rata-rata untuk memperkirakan nilai harapan dari variabel acak X , dimana X_i saling bebas dan berdistribusi identik. Pada subbab 2.7 dapat dilihat bahwa lebar selang kepercayaan berbanding terbalik dengan $\sqrt{M}$. Ini menjadikan metode *Monte Carlo* Standart harus bekerja lebih berat untuk meningkatkan aproksimasi dengan mengambil lebih banyak sampel. Untuk mendapat digit tambahan dari akurasi, yaitu dengan mengecilkan selang kepercayaan dengan faktor 10 memerlukan 100 kali lebih banyak sampel. Namun dilihat juga bahwa lebar interval kepercayaan dipengaruhi oleh σ_M . Ini mendorong gagasan untuk mengganti X_i dengan urutan lain dari variabel acak saling bebas dan berdistribusi identik yang memiliki rata-rata sama dengan X_i tetapi dengan variansi yang lebih kecil. Ini adalah ide dari teknik reduksi variansi.

Jika kita dapat mengurangi variansi pada X_i dengan faktor $R < 1$, maka untuk sejumlah sampel tertentu, M , versi barunya memiliki selang kepercayaan

dengan faktor $\sqrt{R}$ lebih kecil. Jadi untuk $R = 10^{-k}$ versi barunya memberikan kira-kira $k/2$ tambahan digit akurasi. Sehingga jika variansi pada X_i dapat dikurangi dengan faktor $R < 1$, maka dengan teknik reduksi variansi dapat menghasilkan selang kepercayaan dengan lebar yang sama untuk R kali lebih sedikit kerja (Higham, 2004).

Prinsip dari metode *Antithetic Variate* dalam mereduksi variansi pada penentuan nilai opsi adalah dengan mengganti bilangan acak ϵ_i dengan bilangan acak yang berkorelasi secara negatif (Wang & Wang, 2011). Pengestimasi nilai opsi *call* metode *Monte Carlo* Standart pada persamaan (2.12) dimana C_i didapatkan dengan memasukkan bilangan acak ϵ_i pada model harga saham dan dilanjutkan dengan fungsi nilai *payoff*, dimana ϵ_i saling bebas, identik, dan berdistribusi normal baku. Karena distribusi normal simetris terhadap rata-rata, maka estimasi *antithetic*nya menggunakan $-\epsilon_i$, dan tentu saja $-\epsilon_i$ juga merupakan bilangan acak berdistribusi normal. Sehingga alternatif *Antithetic Variate* dalam menentukan nilai opsi *call* maupun opsi *put* adalah sebagai berikut (Higham, 2004):

$$V_C = V_P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} \frac{f(\epsilon_i) + f(-\epsilon_i)}{2} \quad (2.17)$$

dimana:

$f(\epsilon_i)$: nilai *payoff* opsi dengan variabel acak ϵ_i berdistribusi normal baku

$f(-\epsilon_i)$: nilai *payoff* opsi dengan variabel acak $-\epsilon_i$ berdistribusi normal baku

Sehingga diperoleh variansi dari nilai opsi metode *Antithetic Variate* yaitu

$$\sigma_M^2 = \text{var} \left(\frac{f(\epsilon_i) + f(-\epsilon_i)}{2} \right) \leq \frac{1}{2} \text{var} (f(\epsilon_i)) \quad (2.18)$$

Sedangkan selang kepercayaan 95% untuk estimasi nilai opsi *call* menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* adalah (Higham, 2004).

$$CI = \left[V_c - 1.96 \frac{\sigma_M}{\sqrt{M}}, V_c + 1.96 \frac{\sigma_M}{\sqrt{M}} \right] \quad (2.19)$$

Begitu pula selang kepercayaan 95% untuk estimasi nilai opsi *put* digunakan cara yang serupa.

2.9 Return dan Volatilitas Harga Saham

Model pergerakan harga saham yang digunakan oleh Black, Scholes, dan Merton adalah model yang telah kita bahas sebelumnya yaitu persamaan (2.11) model tersebut mengasumsikan bahwa presentase perubahan harga saham di periode waktu yang singkat adalah berdistribusi normal. Didefinisikan (Hull, 2012):

- μ : ekspektasi return saham pertahun
- σ : volatilitas harga saham pertahun

Dimana μ dapat dihitung dengan cara (Ross, 2011):

$$\mu = \frac{S_T}{S_0} - 1 = \frac{S_T - S_0}{S_0} \quad (2.20)$$

Karena harus berdistribusi normal maka perlu menggunakan fungsi logaritmanya yaitu:

$$\ln \mu = \ln \frac{S_T - S_0}{S_0} \quad (2.21)$$

Rata-rata return pada waktu Δt adalah $\mu \Delta t$ dan simpangan baku dari return tersebut adalah $\sigma \sqrt{\Delta t}$, sehingga

$$\frac{\Delta S}{S} \sim \phi(\mu \Delta t, \sigma^2 \Delta t) \quad (2.22)$$

dimana ΔS adalah perubahan harga saham S di waktu Δt , dan $\phi(m, v)$ menotasikan distribusi normal dengan rata-rata m dan variansi v . Maka model tersebut mengimplikasikan bahwa

$$\ln S_T \sim \phi \left[\ln S_0 + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma^2 T \right] \quad (2.23)$$

dimana S_T adalah harga saham yang akan datang dan S_0 adalah harga saham ketika $t = 0$. Persamaan (2.23) menunjukkan bahwa $\ln S_T$ berdistribusi normal, sehingga S_T berdistribusi lognormal. Rata-rata dari $\ln S_T$ adalah $\ln S_0 + (\mu - \sigma^2/2)T$ dan simpangan bakunya adalah $\sigma\sqrt{T}$ (Hull, 2012).

Suatu variabel yang berdistribusi lognormal dapat mengambil nilai antara nol dan tak hingga. Dari persamaan (2.23) dan sifat-sifat distribusi lognormal, dapat ditunjukkan bahwa nilai yang diharapkan $E(S_T)$ dari S_T diberikan oleh

$$E(S_T) = S_0 e^{\mu T} \quad (2.24)$$

Pengestimasi volatilitas harga saham secara empiris membutuhkan pengamatan harga saham pada interval waktu yang tetap (misalnya, setiap hari, minggu, atau bulan). Didefinisikan (Hull, 2012):

$n + 1$: banyak pengamatan

S_t : harga saham di akhir interval ke- t , dengan $t = 0, 1, \dots, n$

τ : panjang interval waktu dalam satu tahun

dan misalkan

$$u_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, n \quad (2.25)$$

Estimasi s dari simpangan baku dari u_t diberikan oleh

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (u_t - \bar{u})^2} \quad (2.26)$$

dimana $\bar{u}$ adalah rata-rata dari u_t . Dari persamaan (2.23) simpangan baku dari u_t adalah $\sigma\sqrt{\tau}$. Dengan demikian variabel s adalah estimasi dari $\sigma\sqrt{\tau}$. Sehingga σ dapat diestimasi sebagai $\hat{\sigma}$, dimana

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \quad (2.27)$$

Nilai *standard error* dari estimasi tersebut dapat ditunjukkan kurang lebih $\hat{\sigma}/\sqrt{2n}$ (Hull, 2012).

2.10 Simulasi dalam Islam

Simulasi *Monte Carlo* merupakan salah satu metode dengan mengambil sampel acak untuk disimulasikan berulang-ulang menggunakan suatu model.

Konsep ini dapat ditemukan dalam Al-Quran surat al-Israa'/17:19:

وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ وَسَعَىٰ لَهَا سَعْيَهَا وَهُوَ مُؤْمِنٌ فَأُولَٰئِكَ كَانَ سَعْيُهُمْ
مَشْكُورًا ﴿١٩﴾

“Dan barangsiapa yang menghendaki kehidupan akhirat dan berusaha (berikhtiar) ke arah itu dengan sungguh-sungguh sedang ia adalah mukmin, Maka mereka itu adalah orang-orang yang usahanya (ikhtiarnya) dibalasi dengan baik.” (QS. al-Israa’/17:19)

Dalam firman-Nya, وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ “Dan barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat,” yakni menghendaki alam akhirat dan berbagai kenikmatan dan kebahagiaan yang ada di sana. وَسَعَىٰ لَهَا سَعْيَهَا “Dan berusaha ke arah itu dengan sungguh-sungguh,” yakni mencari hal itu melalui jalannya

sedang ia mengikuti Rasul-Nya, **وَهُوَ مُؤْمِنٌ** “Sedang ia adalah mukmin,” yakni hatinya beriman, mempercayai pahala dan balasan. **فَأُولَٰئِكَ كَانَ سَعْيُهُمْ مَّشْكُورًا** “Maka mereka itu adalah orang-orang yang usahanya dibalasi dengan baik.” (Muhammad, 2003)

Kemudian Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda:

وَاعْلَمُوا أَنَّ أَحَبَّ الْعَمَلِ إِلَى اللَّهِ أَدْوَمُهُ وَإِنْ قَلَّ

“Dan ketahuilah bahwasanya amalan yang paling dicintai oleh Allah adalah yang terus-menerus walaupun sedikit.” (HR. Muslim 2818)

Seorang muslim diwajibkan untuk berikhtiar jika ingin mendapatkan sesuatu. Usaha (ikhtiar) yang terus-menerus sangat berpengaruh dalam memperoleh keberhasilan, oleh karena itu seseorang tidak boleh bekerja dengan asal-asalan atau setengah-setengah agar berhasil. Sebagaimana pada penelitian ini, yaitu metode *Monte Carlo* dalam penentuan nilai opsi, simulasi dilakukan berulang-ulang dan terus-menerus agar diperoleh hasil yang sesuai.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari www.finance.yahoo.com. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah data harga saham Merck & Co., Inc. mulai 1 Maret 2015 sampai dengan 28 Februari 2020. Data sekunder yang digunakan peneliti diambil pada tanggal 18 Maret 2020 pada pukul 21:58 WIB. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran 1. Jumlah data harga saham yang diambil adalah sebanyak 261 data mingguan.

3.2 Variabel dan Parameter Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu harga saham sedangkan parameter-parameter yang digunakan diantaranya harga kesepakatan (K), nilai barrier atas (U), nilai barrier bawah (L), tingkat suku bunga bebas risiko (r), volatilitas (σ), periode waktu (T), dan banyak monitoring (N).

3.3 Metode Analisis Data

3.3.1 Persiapan Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap persiapan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Mencari dan mengumpulkan data historis harga saham selama 5 tahun.
2. Mencari nilai Z hitung untuk mengetahui data yang *outlier*.
3. Menghilangkan data yang *outlier*

4. Menghitung nilai *return rate* dari harga saham kemudian menghitung rata-rata tahunannya.
5. Menghitung volatilitas tahunan harga saham.
6. Menentukan parameter-parameter lain yang diperlukan dalam perhitungan yaitu harga saham awal, waktu jatuh tempo, harga kesepakatan, nilai *barrier* atas, dan nilai *barrier* bawah.

3.3.2 Analisis Data

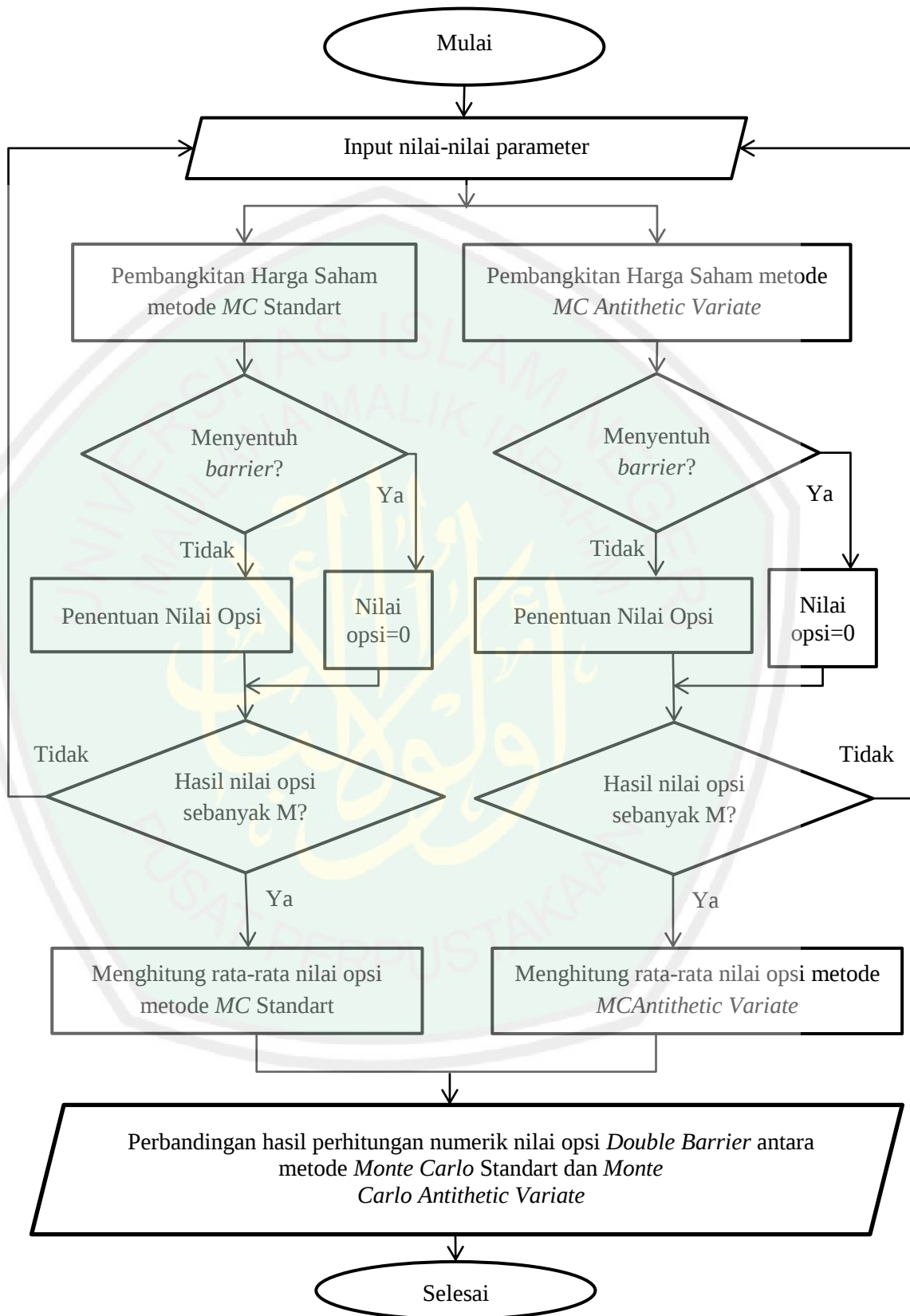
Adapun langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Simulasi numerik nilai opsi *Double Barrier* dengan metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - a. Menentukan nilai opsi *Double Barrier* Tipe Eropa dengan metode *Monte Carlo Standart*:
 - 1) Membangkitkan vektor bilangan-bilangan random yang berdistribusi normal baku.
 - 2) Menghitung harga saham menggunakan bilangan-bilangan random yang telah dibangkitkan dan parameter-parameter yang telah ditentukan.
 - 3) Menghitung harga saham maksimum dan minimum pada alur pergerakan harga saham yang diperoleh, untuk melihat apakah harga saham selama selang waktu kontrak opsi pernah menyentuh *barrier* atau tidak.

- 4) Jika ada harga saham yang menyentuh nilai *barrier* maka opsi tidak bernilai, sebaliknya, jika tidak ada harga saham yang menyentuh nilai *barrier* maka dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff*.
 - 5) Menentukan nilai *payoff* opsi *call* dan *put*..
 - 6) Menentukan nilai opsi *Double Barrier call* dan *put*.
 - 7) Mengulangi langkah (1) sampai (6) sebanyak simulasi yang diinginkan.
 - 8) Menghitung rata-rata nilai opsi yang telah didapatkan.
- b. Penentuan nilai opsi *Double Barrier* Tipe Eropa dengan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan dengan cara sebagai berikut:
- 1) Membangkitkan vektor bilangan-bilangan random yang berdistribusi normal baku.
 - 2) Menghitung harga saham menggunakan bilangan-bilangan random yang telah dibangkitkan dan parameter-parameter yang telah ditentukan.
 - 3) Menghitung nilai invers dari harga saham yang sudah terbentuk.
 - 4) Menghitung harga saham maksimum dan minimum pada kedua penduga pergerakan harga saham yang diperoleh, untuk melihat apakah harga saham selama selang waktu kontrak opsi pernah menyentuh *barrier* atau tidak.
 - 5) Jika ada harga saham yang menyentuh nilai *barrier* maka opsi tidak bernilai, sebaliknya, jika tidak ada harga saham yang menyentuh nilai *Barrier* maka dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff*.
 - 6) Menentukan nilai *payoff* opsi *call* dan *put*.
 - 7) Menentukan nilai opsi *Double Barrier* Tipe Eropa *call* dan *put*.

- 8) Menghitung rata-rata nilai opsi dari kedua penduga tersebut.
 - 9) Mengulangi langkah (1) sampai (8) sebanyak simulasi yang diinginkan.
 - 10) Menghitung rata-rata nilai opsi yang telah didapatkan.
2. Perbandingan hasil perhitungan numerik nilai opsi *Double Barrier* antara metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan dengan cara sebagai berikut:
- a. Menghitung solusi analitik dari nilai opsi *Double Barrier* menggunakan model *Black-Scholes*.
 - b. Menghitung nilai *standard error* opsi *Double Barrier* metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate*.
 - c. Menghitung simpangan baku dari nilai opsi *Double Barrier* metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate*.
 - d. Menggambar grafik hasil penentuan nilai opsi *call* dan *put* menggunakan model *Black-Scholes*, metode *Monte Carlo Standart*, dan *Monte Carlo Antithetic Variate*.
 - e. Menggambar grafik *standard error* nilai opsi *call* dan *put* metode *Monte Carlo Standart*, dan *Monte Carlo Antithetic Variate*.
 - f. Membandingkan hasil dari nilai *standard error* dan simpangan baku dari metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate*.
3. Pengimplementasian nilai opsi metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan dengan cara menjelaskan konsep transaksional jual beli opsi *Double Barrier Knock Out call* dan *put* oleh pialang saham.

3.4 Flowchart Analisis Data



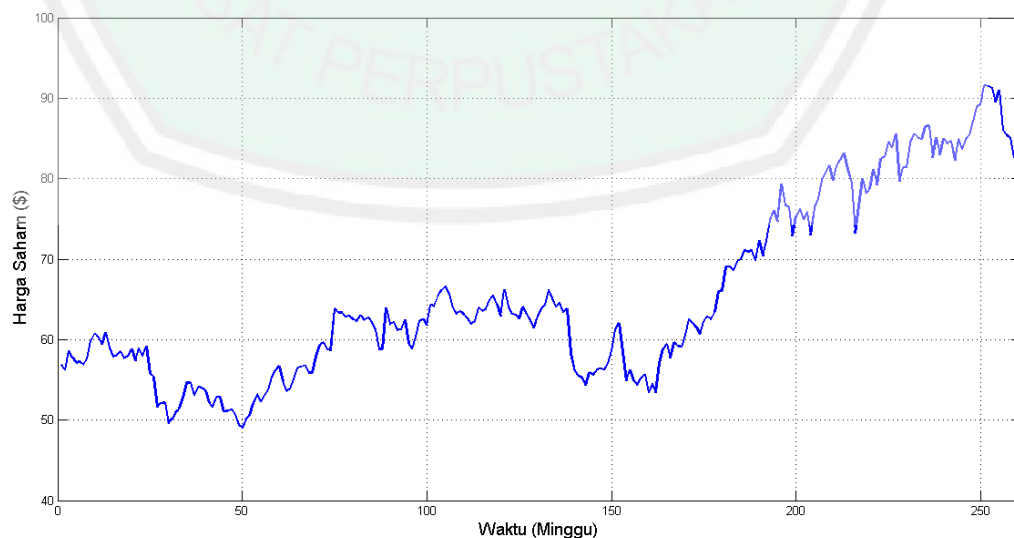
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Simulasi Numerik Metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* pada Penentuan Nilai Opsi *Double Barrier*

4.1.1 Penentuan Nilai Parameter Menggunakan Data Historis Saham

Pemeriksaan terhadap data merupakan langkah awal yang sangat penting yang harus dilakukan sebelum melanjutkan ke tahap analisis lebih lanjut. Pemeriksaan terhadap data berguna untuk mengetahui karakteristik data, diantaranya adalah memeriksa data yang outlier. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga saham Merck & Co., Inc. yang diakses dari situs Yahoo Finance (www.finance.yahoo.com) periode 2 Maret 2015 sampai dengan 24 Februari 2020. Data harga saham tersebut dan hasil standardisasi data menggunakan perhitungan nilai Z dapat dilihat pada lampiran 1 bahwa semua nilai Z kurang dari +2,5 dan lebih dari -2,5. Sehingga data harga saham tersebut tidak ada data yang outlier. Pergerakan sampel harga saham yang digunakan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Harga Saham dari 2 Maret 2015 hingga 24 Februari 2020

Grafik di atas merupakan pergerakan harga saham yang digunakan sebagai sampel untuk membangkitkan harga saham pada waktu selanjutnya dengan menggunakan parameter dari data real tersebut. Grafik tersebut menunjukkan perilaku pergerakan harga saham yang normal artinya jangkauan antara harga saham sekarang dan harga saham selanjutnya tidak terlalu jauh.

Data harga saham yang digunakan pada penelitian ini kemudian digunakan untuk menentukan parameter-parameter yang diperlukan dalam penentuan nilai opsi. Parameter-parameter yang digunakan untuk penentuan nilai opsi meliputi harga saham awal (S_0), harga kesepakatan (K), nilai *barrier* atas (U), nilai *barrier* bawah (L), volatilitas (σ), tingkat suku bunga bebas risiko (r) dan waktu jatuh tempo (T). Data yang digunakan sebanyak 261 data penutupan harga saham mingguan.

Nilai S_0 dapat dilihat pada data penutupan harga saham Merck & Co., Inc. di periode terakhir yang diasumsikan pada penelitian ini yaitu tanggal 24 Februari 2020 sebesar \$76,56. Nilai K untuk opsi *call* diasumsikan kurang dari nilai ekspektasi harga saham saat jatuh tempo yang diperoleh menggunakan persamaan (2.24) yaitu sebesar \$81,26, sehingga diasumsikan nilai K untuk opsi *call* sebesar \$77,26. Sedangkan nilai K untuk opsi *put* diasumsikan lebih dari nilai ekspektasi harga saham saat jatuh tempo sehingga diperoleh harga kesepakatan untuk opsi *put* sebesar \$83,26. Nilai U diasumsikan sebesar \$90, sedangkan nilai L diasumsikan sebesar \$60. Nilai μ yaitu diperoleh dari return saham pertahun menggunakan persamaan (2.21) yaitu sebesar 6%. Nilai σ diperoleh dari persamaan (2.27) yaitu sebesar 19%. Waktu jatuh tempo opsi ditentukan selama 1 tahun atau diasumsikan 252 hari aktif kerja.

4.1.2 Metode *Monte Carlo* Standart pada Penentuan Nilai Opsi *Double Barrier*

4.1.2.1 Penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out*

Metode *Monte Carlo* Standart dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* dilakukan sebanyak M simulasi yang diinginkan. Berikut ini beberapa kasus penentuan nilai opsi *call* dengan M yang berbeda menggunakan metode *Monte Carlo* Standart:

1. Kasus $M = 1$

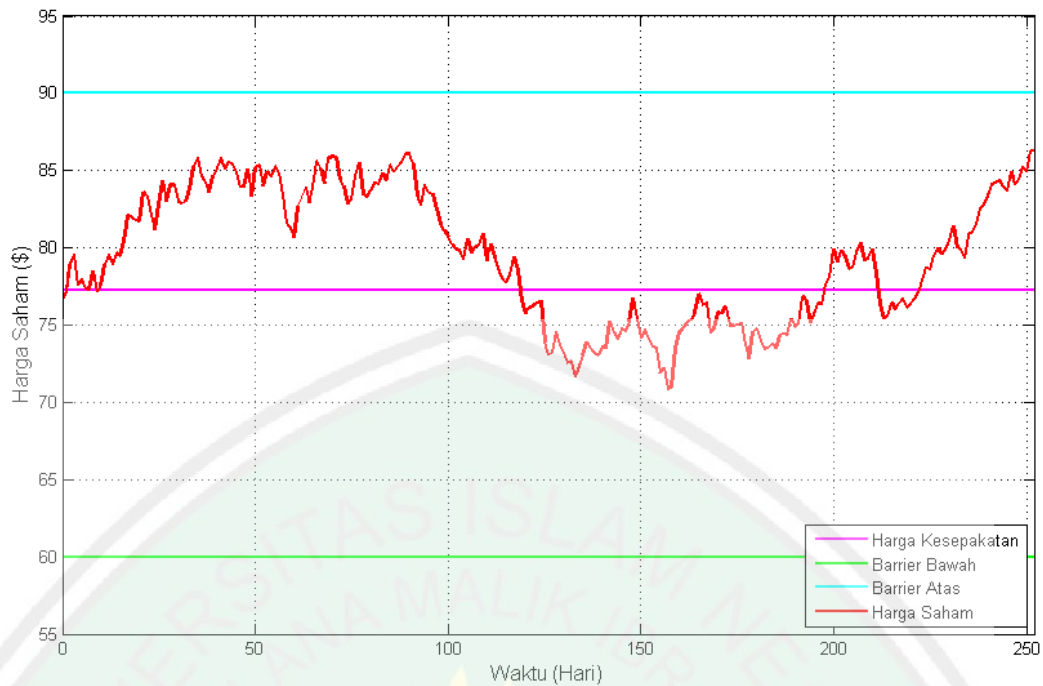
Pada penelitian ini monitoring pergerakan harga saham dilakukan secara harian, sehingga dalam 1 periode yaitu 1 tahun dibutuhkan 252 sampel. Karena model harga saham mengikuti proses stokastik khususnya proses wiener dimana gerak acak pada proses wiener berdistribusi normal baku oleh karena itu dibangkitkan sebanyak 252 bilangan random yang berdistribusi normal baku. Misalkan hasil pembangkitan bilangan random tersebut seperti pada tabel yang terlampir pada lampiran 2.

Parameter-parameter yang telah ditentukan dan bilangan random yang telah dibangkitkan digunakan untuk menghitung harga saham di setiap partisi menggunakan persamaan (2.12). Bilangan random yang pertama digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama, begitu pula bilangan random yang kedua digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi kedua, dan seterusnya hingga partisi ke-252. Berikut ini perhitungan harga saham pada partisi pertama:

$$\begin{aligned}
S_1 &= S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\epsilon_1\sqrt{\Delta t}} \\
&= 76,56 e^{\left(0,06 - \frac{1}{2}(0,19)^2\right)\left(\frac{1}{252}\right) + 0,19(0,6666)\sqrt{\frac{1}{252}}} \\
&= 76,56 e^{0,00815} \\
&= 76,56(1,00818) \\
&= 77,1862
\end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan harga saham pada partisi kedua hingga ke-252 dilakukan cara yang serupa, sehingga diperoleh harga saham untuk $t = 1, 2, 3, \dots, 252$ seperti pada tabel pada lampiran 3.

Dari tabel pada lampiran 3 dapat diketahui bahwa selama 1 periode harga saham maksimumnya sebesar \$86,3109 sedangkan harga saham minimumnya sebesar \$70,8995. Harga saham maksimum dan harga saham minimum tersebut dapat digunakan untuk mengetahui apakah harga saham selama 1 periode pernah menyentuh *barrier*. Apabila harga saham maksimum kurang dari atau sama dengan nilai *barrier* atas dan harga saham minimum lebih dari atau sama dengan nilai *barrier* bawah maka harga saham tersebut tidak pernah menyentuh atau melewati kedua *barrier*, dan sebaliknya. Karena nilai *barrier* atas sebesar \$90 dan nilai *barrier* bawah sebesar \$60 maka $86,3109 < 90$ dan $70,8995 > 60$. Dengan demikian harga saham tersebut tidak pernah menyentuh *barrier*, yang dapat dibuktikan dengan gambar berikut.



Gambar 4.2 Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo* Standart dengan $K = \$77,26$

Pada gambar 4.2 harga saham mengalami kenaikan dan penurunan akan tetapi selama satu periode tersebut harga saham tidak pernah melewati *barrier* baik atas maupun bawah. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff*.

Perhitungan nilai *payoff* opsi *call* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.7):

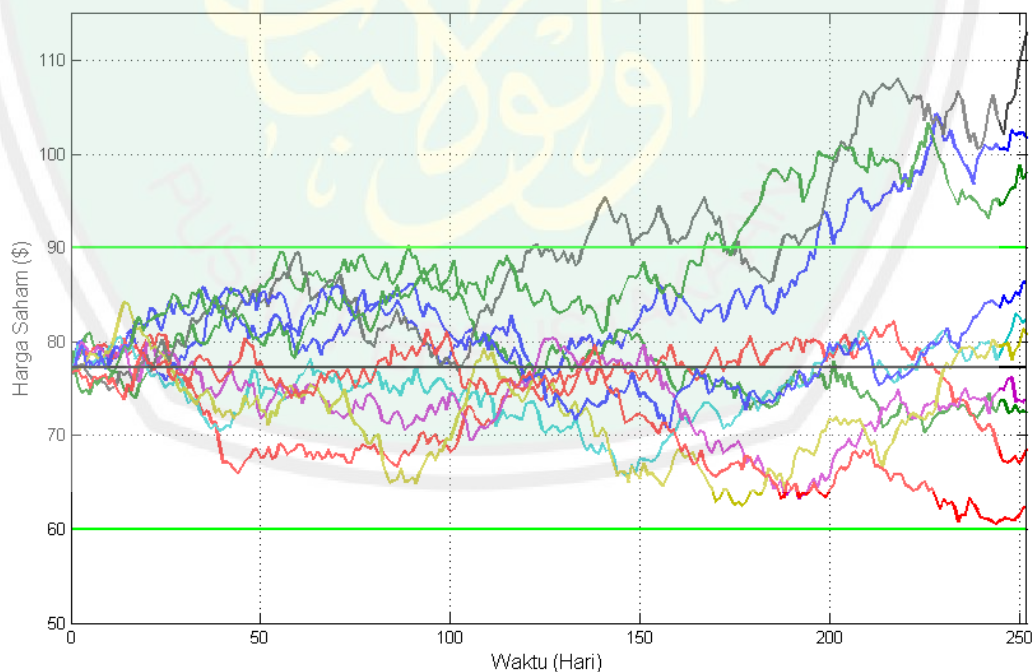
$$\begin{aligned}
 C &= \max(S_T - K; 0) \\
 &= \max(86,2817 - 77,26; 0) \\
 &= \max(9,0217; 0) \\
 &= 9,0217
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai *payoff* opsi *call* dilanjutkan dengan menghitung nilai opsi *call* menggunakan persamaan (2.13) dengan $M = 1$:

$$\begin{aligned} V_C &= e^{-rT} C \\ &= e^{-0,06(1)} 9,0217 \\ &= 8,4963 \end{aligned}$$

2. Kasus $M = 10, 100, 1.000, 10.000$

Pada pembahasan ini simulasi *Monte Carlo* dilakukan sebanyak 10, 100, 1.000, 10.000 kali. Proses penentuan nilai opsi seperti pada kasus $M = 1$ dilakukan berulang-ulang sebanyak M yang diinginkan kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Misalkan untuk $M = 10$ maka proses tersebut diulangi sampai 10 kali simulasi dengan membangkitkan bilangan random yang berbeda di setiap perulangan sehingga menghasilkan pergerakan harga saham yang berbeda yang bisa dijelaskan dalam grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 3 Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10$ dan $K = \$77,26$

Pada gambar 4.3 dari harga saham awal yang sama menghasilkan 10 harga saham akhir yang berbeda dan pergerakan harga saham yang bervariasi. Beberapa harga saham menyentuh *barrier* dan beberapa tidak menyentuh, artinya ada beberapa pergerakan harga saham selalu berada diantara *barrier* bawah dan *barrier* atas. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff* dan nilai opsi.

Perhitungan nilai *payoff* dilakukan menggunakan persamaan (2.7) dan nilai opsi menggunakan persamaan (2.13), dengan mengasumsikan nilai opsi pada pergerakan harga saham yang pernah menyentuh *barrier* adalah bernilai \$0 maka diperoleh hasil seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Perhitungan Nilai Payoff dan Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* Metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10$

Kemungkinan Pergerakan Saham	S_T	Nilai Payoff (C) $\max(S_T - 77,26; 0)$	Nilai Opsi $e^{-0,06}C$
1	82,4159	5,1559	4,8556
2	80,7815	3,5215	3,3164
3	86,2817	9,0217	8,4963
4	68,5802	0	0
5	73,9509	0	0
6	62,4615	0	0
7	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
8	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
9	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
10	(menyentuh <i>barrier</i>)		0

Tabel 4.1 menunjukkan hasil nilai opsi *call* metode *Monte Carlo* Standart di setiap simulasi. Selanjutnya dapat ditentukan hasil akhir nilai opsi *call Monte Carlo* Standart untuk $M = 10$ dengan menggunakan persamaan (2.13).

$$\begin{aligned}
 V_C &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} e^{-rT} C_i \\
 &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (4,8556 + 3,3164 + 8,4963 + 0 + \dots + 0) \\
 &= \frac{1}{10} (16,6684) \\
 &= 1,6668
 \end{aligned}$$

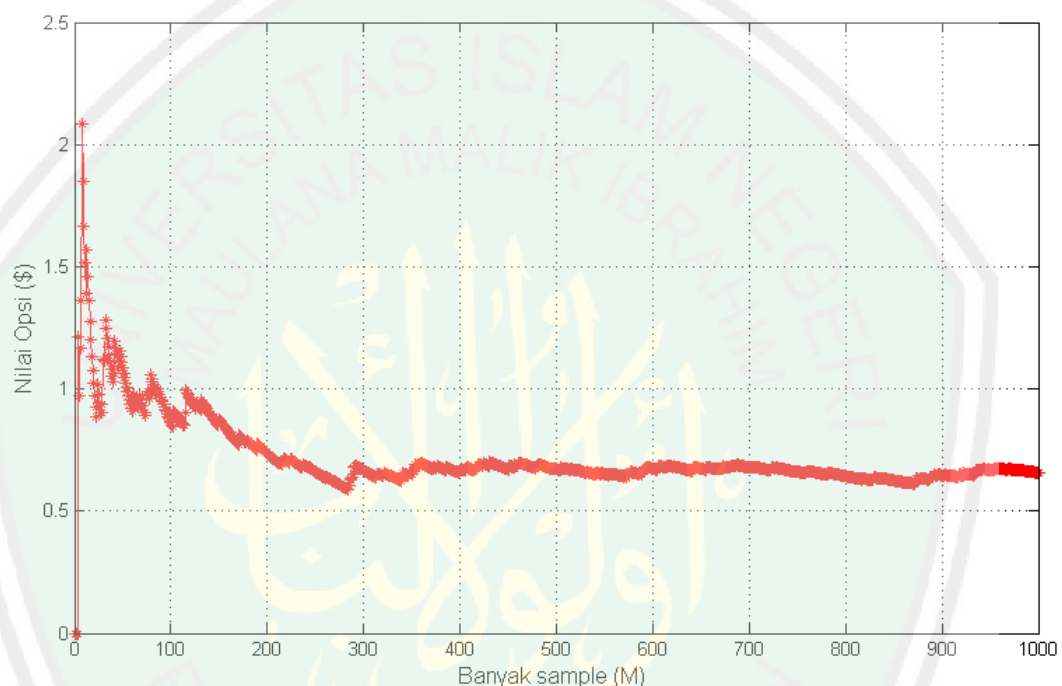
Sehingga dengan $M = 10$ diperoleh nilai opsi *call* sebesar \$1,6668. Selanjutnya untuk $M = 100, 1.000, 10.000$ dengan cara yang sama maka diperoleh hasil estimasi nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart sebagaimana tabel di bawah ini.

Tabel 4. 2 Hasil Penentuan Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* Metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$

Banyak Simulasi	Nilai Opsi <i>Call</i>	Simpangan Baku	Selang Kepercayaan	<i>Standard Error</i>
10	1,6668	2,9624	[-0,0473 3,3810]	0,9368
100	0,8614	2,0136	[0,2949 1,4279]	0,2014
1.000	0,6566	1,8661	[0,5019 0,8113]	0,0590
10.000	0,6897	1,9817	[0,6386 0,7409]	0,0198

Dari tabel 4. 2 dapat dilihat bahwa hasil nilai opsi *call* menggunakan metode *Monte Carlo* Standart pada opsi *Double Barrier Knock-Out* dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$ semakin menuju ke suatu nilai. Simpangan baku yang dihasilkan berkisar antara 1,8 dan 3. Semakin banyak simulasi yang dilakukan maka selang kepercayaan yang dihasilkan semakin sempit, artinya nilai yang dihasilkan semakin akurat. Dengan simulasi sebanyak 10.000 lebar dari selang

kepercayaan yang dihasilkan sudah cukup kecil yaitu 0,1023. Selain itu *standard error* yang dihasilkan ketika jumlah simulasi diperbesar juga semakin mengecil. Dengan simulasi sebanyak 10.000 *standard error* yang dihasilkan sebesar 0,0198. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* yang dihasilkan menggunakan metode *Monte Carlo* Standart adalah konvergen, yang dapat dibuktikan dengan grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 4 Grafik Nilai Opsi *Call Monte Carlo* Standart Terhadap Banyak Simulasi

Grafik pada gambar 4.4 menunjukkan perubahan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart terhadap banyak simulasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada simulasi sebanyak 300 hingga ke atas nilai opsi yang dihasilkan sudah mulai konvergen ke suatu nilai. Dengan demikian dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak simulasi yang dilakukan maka nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart yang dihasilkan semakin konvergen.

4.1.2.2 Penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out*

Metode *Monte Carlo* Standart dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* dilakukan sebanyak M simulasi yang diinginkan. Berikut ini beberapa kasus penentuan nilai opsi *put* dengan M yang berbeda menggunakan metode *Monte Carlo* Standart:

1. Kasus $M = 1$

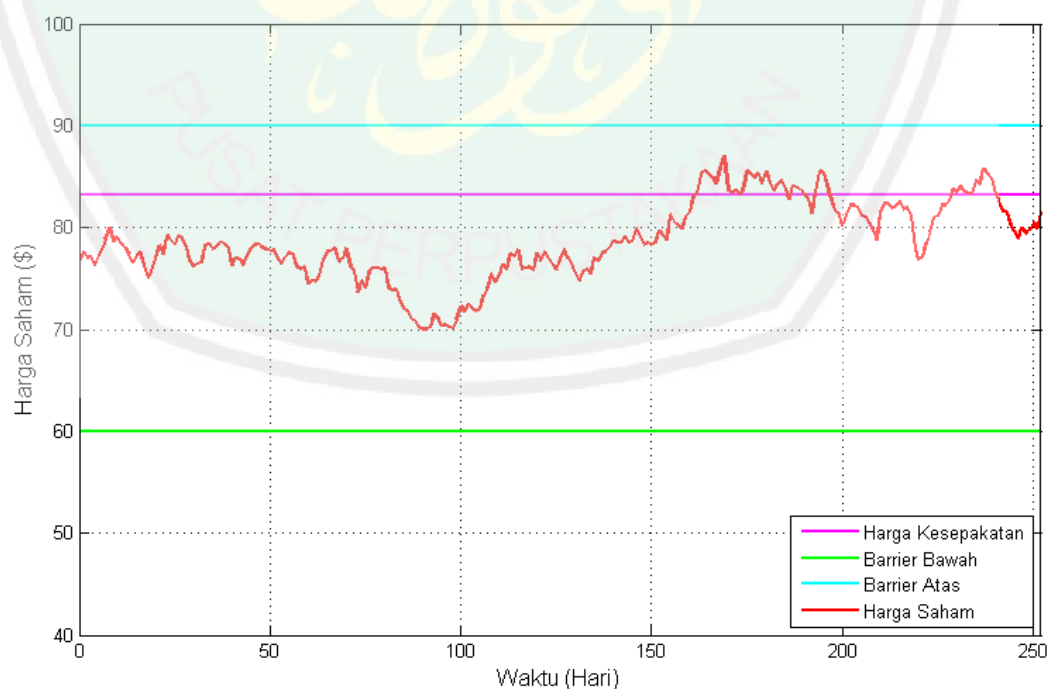
Pada penelitian ini monitoring pergerakan harga saham dilakukan secara harian, sehingga dalam 1 periode yaitu 1 tahun dibutuhkan 252 sampel, oleh karena itu dibangkitkan bilangan random yang berdistribusi normal baku sebanyak 252. Misalkan hasil pembangkitan bilangan random tersebut seperti pada tabel yang terlampir pada lampiran 4.

Parameter-parameter yang telah ditentukan dan bilangan random yang telah dibangkitkan digunakan untuk menghitung harga saham di setiap partisi menggunakan persamaan (2.12). Bilangan random yang pertama digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama, begitu pula bilangan random yang kedua digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi kedua, dan seterusnya hingga partisi ke-252. Berikut ini perhitungan harga saham pada partisi pertama:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\epsilon_1\sqrt{\Delta t}} \\
 &= 76,56 e^{\left(0,06 - \frac{1}{2}(0,19)^2\right)\left(\frac{1}{252}\right) + 0,19(1,0905)\sqrt{\frac{1}{252}}} \\
 &= 76,56 e^{0,01322} \\
 &= 76,56(1,01331) \\
 &= 77,5787
 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan harga saham pada partisi kedua hingga ke-252 dilakukan cara yang serupa, sehingga diperoleh harga saham untuk $t = 1, 2, 3, \dots, 252$ seperti pada tabel pada lampiran 5.

Dari tabel pada lampiran 5 dapat diketahui bahwa selama 1 periode harga saham maksimumnya sebesar \$87,0873 sedangkan harga saham minimumnya sebesar \$70,0550. Harga saham maksimum dan harga saham minimum tersebut dapat digunakan untuk mengetahui apakah harga saham selama 1 periode pernah menyentuh *barrier*. Apabila harga saham maksimum kurang dari atau sama dengan nilai *barrier* atas dan harga saham minimum lebih dari atau sama dengan nilai *barrier* bawah maka harga saham tersebut tidak pernah menyentuh atau melewati kedua *barrier*, dan sebaliknya. Karena nilai *barrier* atas sebesar \$90 dan nilai *barrier* bawah sebesar \$60 maka $87,0873 < 90$ dan $70,0550 > 60$. Dengan demikian harga saham tersebut tidak pernah menyentuh *barrier*, yang dapat dibuktikan dengan gambar berikut.



Gambar 4. 5 Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo* Standart dengan $K = \$83,26$

Pada gambar 4.5 harga saham mengalami kenaikan dan penurunan akan tetapi selama satu periode tersebut harga saham tidak pernah melewati *barrier* baik atas maupun bawah. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff*.

Perhitungan nilai *payoff* opsi *put* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.8):

$$\begin{aligned} P &= \max(K - S_T; 0) \\ &= \max(83,26 - 81,554; 0) \\ &= \max(1,7060; 0) \\ &= 1,7060 \end{aligned}$$

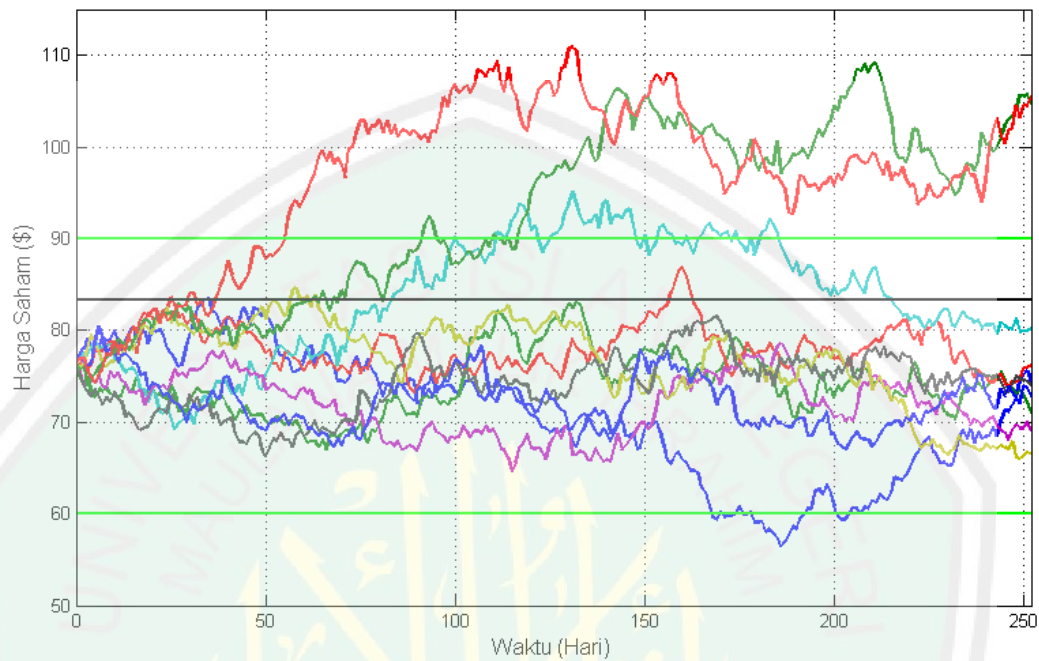
Setelah diperoleh nilai *payoff* opsi *put* dilanjutkan dengan menghitung nilai opsi *put* menggunakan persamaan (2.14) dengan $M = 1$:

$$\begin{aligned} V_p &= e^{-rT} P \\ &= e^{-0,06(1)} 1,7060 \\ &= 1,6067 \end{aligned}$$

2. Kasus $M = 10, 100, 1.000, 10.000$

Pada pembahasan ini simulasi *Monte Carlo* dilakukan sebanyak 10, 100, 1.000, 10.000 kali. Proses penentuan nilai opsi seperti pada kasus $M = 1$ dilakukan berulang-ulang sebanyak M yang diinginkan kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Misalkan untuk $M = 10$ maka proses tersebut diulangi sampai 10

kali simulasi dengan membangkitkan bilangan random yang berbeda di setiap perulangan sehingga menghasilkan pergerakan harga saham yang berbeda yang bisa dijelaskan dalam grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 6 Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10$ dan $K = \$83,26$

Pada gambar 4.6 dari harga saham awal yang sama menghasilkan 10 harga saham akhir yang berbeda dan pergerakan harga saham yang bervariasi. Beberapa harga saham menyentuh *barrier* dan beberapa tidak menyentuh, artinya ada beberapa pergerakan harga saham selalu berada diantara *barrier* bawah dan *barrier* atas. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff* dan nilai opsi.

Perhitungan nilai *payoff* dilakukan menggunakan persamaan (2.8) dan nilai opsi menggunakan persamaan (2.14), dengan mengasumsikan nilai opsi pada pergerakan harga saham yang pernah menyentuh barrier adalah bernilai \$0 maka diperoleh hasil seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Perhitungan Nilai Payoff dan Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* Metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10$

Kemungkinan Pergerakan Saham	S_T	Nilai Payoff (P) $\max(83,26 - S_T; 0)$	Nilai Opsi $e^{-0,06} P$
1	71,0632	12,1968	11,4865
2	76,0632	7,0328	6,6232
3	69,1419	14,1181	13,2959
4	66,4881	16,7719	15,7952
5	73,9522	9,3078	8,7658
6	72,7180	10,5420	9,9281
7	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
8	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
9	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
10	(menyentuh <i>barrier</i>)		0

Tabel 4.3 menunjukkan hasil nilai opsi *put* metode *Monte Carlo* Standart di setiap simulasi. Selanjutnya dapat ditentukan hasil akhir nilai opsi *put Monte Carlo* Standart untuk $M = 10$ dengan menggunakan persamaan (2.14).

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} e^{-rT} P_i \\
 &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (11,4865 + 6,6232 + 13,2959 + \dots + 0) \\
 &= \frac{1}{10} (65,8947) \\
 &= 6,5895
 \end{aligned}$$

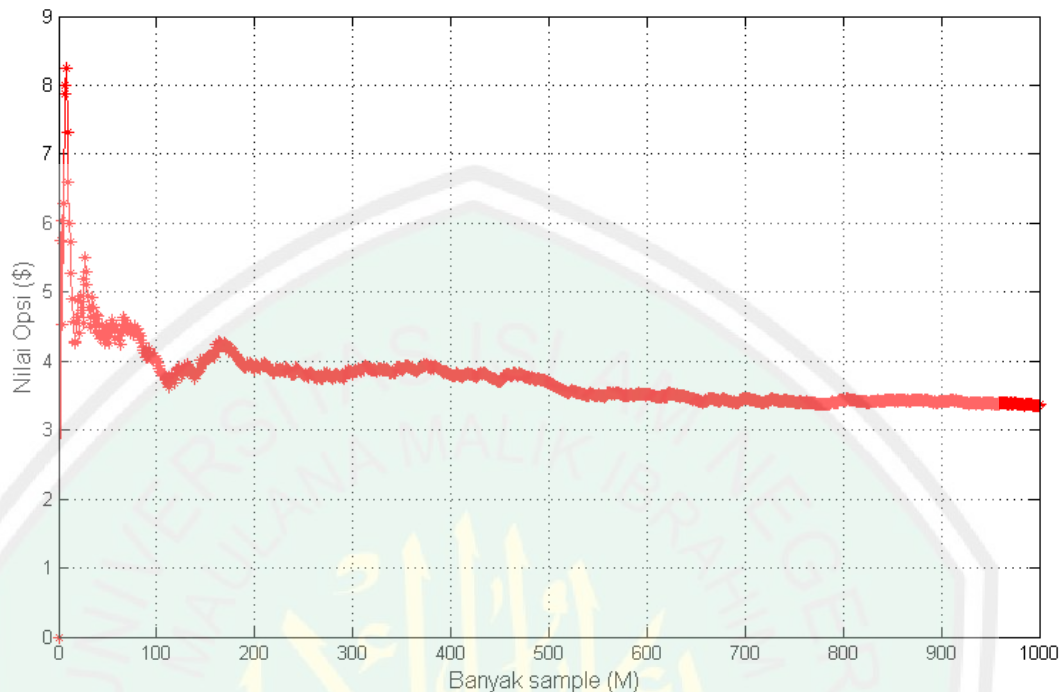
Sehingga dengan $M = 10$ diperoleh nilai opsi *put* sebesar \$6,5895. Selanjutnya untuk $M = 100, 1.000, 10.000$ dengan cara yang sama maka diperoleh hasil estimasi nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart sebagaimana tabel di bawah ini.

Tabel 4. 4 Hasil Penentuan Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* Metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$

Banyak Simulasi	Nilai Opsi <i>Put</i>	Simpangan Baku	Selang Kepercayaan	<i>Standard Error</i>
10	6,5895	6,1759	[1,8217 11,3573]	1,9530
100	3,9912	5,9121	[2,3769 5,6055]	0,5912
1.000	3,3753	5,5943	[2,8973 3,8532]	0,1769
10.000	3,5128	5,6695	[3,3649 3,6606]	0,0567

Dari tabel 4. 4 dapat dilihat bahwa metode *Monte Carlo* Standart dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$ pada penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* menghasilkan nilai yang naik turun. Hasil nilai opsi *put* pada simulasi sebanyak 100 ke atas sudah menghasilkan angka satuan yang sama, akan tetapi belum mencapai kekonvergenan dengan 1 digit di belakang koma yang sama. Simpangan baku yang dihasilkan berkisar antara 5,5 dan 6,2. Semakin banyak simulasi yang dilakukan maka selang kepercayaan yang dihasilkan semakin sempit, artinya nilai yang dihasilkan semakin akurat. Dengan simulasi sebanyak 10.000 lebar dari selang kepercayaan yang dihasilkan mencapai 0,2957. Selain itu *standard error* yang dihasilkan ketika jumlah simulasi diperbesar juga semakin mengecil. Dengan simulasi sebanyak 10.000 *standard error* yang dihasilkan sebesar 0,0567. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* yang

dihasilkan menggunakan metode *Monte Carlo* Standart adalah konvergen, yang dapat dibuktikan dengan grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 7 Grafik Nilai Opsi *Put Monte Carlo* Standart Terhadap Banyak Simulasi

Grafik pada gambar 4.7 menunjukkan perubahan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart terhadap banyak simulasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada simulasi sebanyak 500 hingga ke atas nilai opsi yang dihasilkan sudah mulai konvergen ke suatu nilai. Dengan demikian dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak simulasi yang dilakukan maka nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart yang dihasilkan semakin konvergen.

4.1.3 Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* pada Penentuan Nilai Opsi *Double Barrier*

Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* adalah pengembangan dari metode *Monte Carlo* Standart. Prinsip dari metode *Antithetic Variate* dalam mereduksi variansi pada penentuan nilai opsi yaitu dengan cara mengganti bilangan acak berdistribusi normal ϵ_i dengan bilangan inversnya yaitu $-\epsilon_i$. Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dapat digunakan untuk menentukan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put*. Simulasi numerik pada penentuan nilai opsi tersebut dilakukan secara berulang.

4.1.3.1 Penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out*

Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* dilakukan sebanyak M simulasi yang diinginkan. Berikut ini beberapa kasus penentuan nilai opsi *call* dengan M yang berbeda menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate*:

1. Kasus $M = 1$

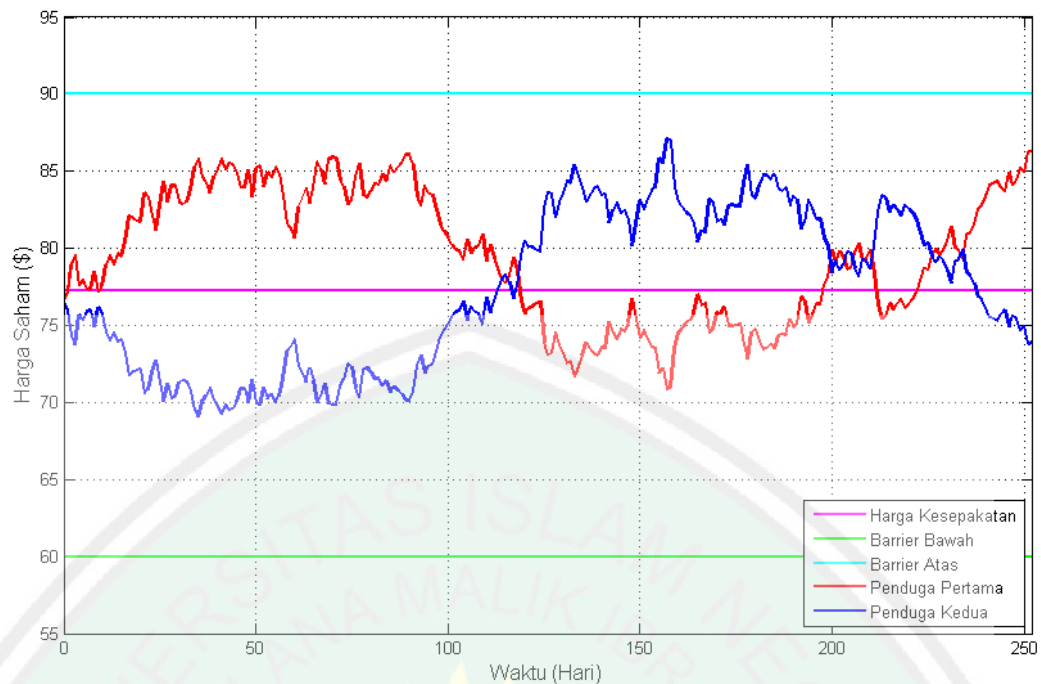
Pada penelitian ini monitoring pergerakan harga saham dilakukan secara harian, sehingga dalam 1 periode yaitu 1 tahun membutuhkan 252 sampel, oleh karena itu dibangkitkan bilangan random yang berdistribusi normal baku sebanyak 252. Misalkan digunakan hasil pembangkitan bilangan random pada pembahasan opsi *call Monte Carlo* Standart sebagai bilangan random untuk penduga pertama, yaitu seperti tabel pada lampiran 2. Bilangan-bilangan random tersebut dikalikan dengan bilangan -1 sehingga didapatkan invers dari bilangan-bilangan random tersebut yaitu seperti yang terlampir pada lampiran 6. Bilangan-bilangan random tersebut merupakan penduga kedua dari Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*.

Bilangan-bilangan random dari kedua penduga dan parameter-parameter yang telah ditentukan digunakan untuk menghitung harga saham. Perhitungan harga saham di setiap partisi dilakukan menggunakan persamaan (2.12). Bilangan random yang pertama digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama, begitu pula bilangan random yang kedua digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi kedua, dan seterusnya hingga partisi ke-252. Perhitungan harga saham untuk penduga pertama telah diuraikan sebelumnya pada pembahasan opsi *call* metode *Monte Carlo* Standart. Berikut ini perhitungan penduga kedua harga saham pada partisi pertama:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\epsilon_1\sqrt{\Delta t}} \\
 &= 76,56 e^{\left(0,06 - \frac{1}{2}(0,19)^2\right)\left(\frac{1}{252}\right) + 0,19(-0,6666)\sqrt{\frac{1}{252}}} \\
 &= 76,56 e^{-0,0078} \\
 &= 76,56(0,99222) \\
 &= 75,9642
 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan harga saham pada partisi kedua hingga ke-252 dilakukan cara yang serupa, sehingga diperoleh penduga kedua dari harga saham selama 1 periode seperti pada tabel pada lampiran 7.

Dari tabel pada lampiran 7 dapat diketahui bahwa selama 1 periode harga saham maksimumnya sebesar \$87,1086 sedangkan harga saham minimumnya sebesar \$69,0762. Karena nilai *barrier* atas sebesar \$90 dan nilai *barrier* bawah sebesar \$60 maka $87,1086 < 90$ dan $69,0762 > 60$. Dengan demikian harga saham tersebut tidak pernah menyentuh *barrier*. Kemudian dari penduga pertama pergerakan harga saham pada lampiran 3 dan penduga kedua harga saham pada lampiran 7 diperoleh grafik 2 alur pergerakan harga saham selama 1 periode sebagaimana gambar berikut.



Gambar 4. 8 Dua alur pergerakan harga saham metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dengan $K = \$77,26$

Pada gambar 4.8 harga saham mengalami kenaikan dan penurunan, penduga pertama dari harga saham yaitu harga saham *Monte Carlo Standart* tidak pernah melewati *barrier* baik atas maupun bawah, begitu pula untuk penduga kedua dari harga saham *Monte Carlo Antithetic Variate*. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff*.

Nilai *payoff* dan nilai opsi *call* untuk penduga pertama telah diuraikan pada pembahasan opsi *call* metode *Monte Carlo Standart*. Berikut ini nilai *payoff* untuk penduga kedua dengan menggunakan persamaan (2.7):

$$\begin{aligned}
C &= \max(S_T - K; 0) \\
&= \max(73,8792 - 77,26; 0) \\
&= \max(-3,3808; 0) \\
&= 0
\end{aligned}$$

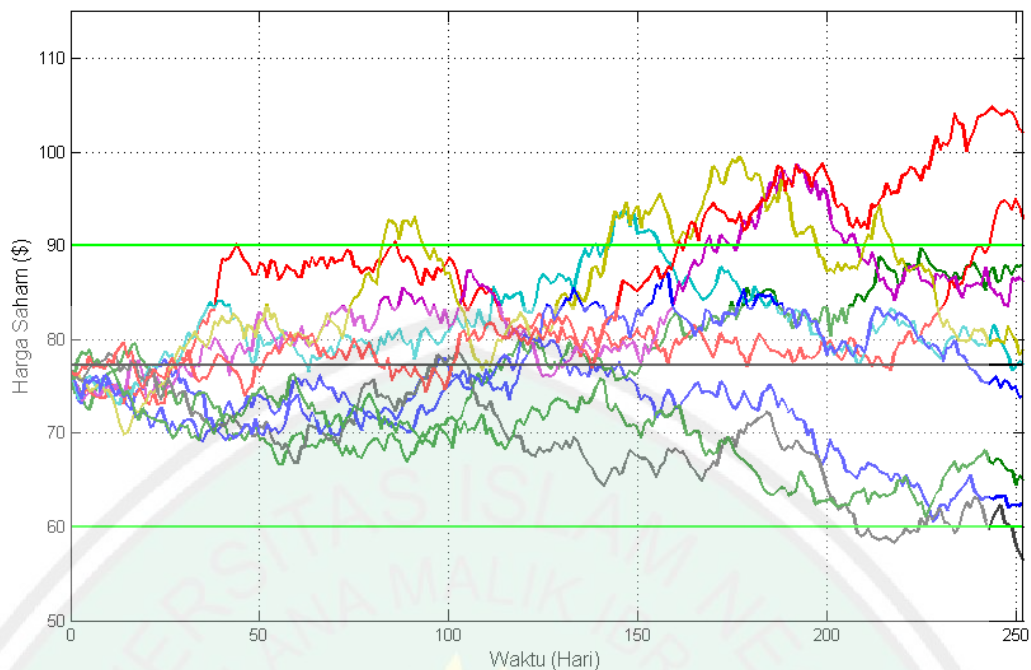
Diperoleh nilai *payoff* sebesar \$0. sehingga nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* juga \$0.

Setelah diperoleh nilai opsi dari kedua penduga selanjutnya dihitung rata-rata nilai opsi dari kedua penduga tersebut menggunakan persamaan (2.17) dengan $M = 1$:

$$\begin{aligned}
V_C &= \frac{8,4963 + 0}{2} \\
&= 4,2482
\end{aligned}$$

2. Kasus $M = 10, 100, 1.000, 10.000$

Pada pembahasan ini simulasi *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan sebanyak $M = 10, 100, 1.000, 10.000$ kali. Proses penentuan nilai opsi seperti pada kasus $M = 1$ dilakukan berulang-ulang sebanyak M yang diinginkan kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Misalkan untuk $M = 10$, maka proses tersebut diulangi sampai 10 kali simulasi dengan membangkitkan bilangan random yang berbeda di setiap perulangan sehingga diperoleh invers bilangan random yang berbeda pula. Dengan menggunakan 10 pembangkitan pergerakan harga saham seperti pada pembahasan opsi *call* metode *Monte Carlo Standart* sebagai penduga pertama maka diperoleh penduga kedua dari pergerakan harga saham seperti dalam grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 9 Penduga Kedua Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dengan $M = 10$ dan $K = \$77,26$

Gambar 4.9 merupakan grafik yang menunjukkan penduga kedua dari pergerakan harga saham Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*, dimana ini merupakan invers dari pergerakan harga saham pada gambar 4.3 yang digunakan sebagai penduga pertama pergerakan harga saham Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa dengan harga saham awal yang sama menghasilkan 10 harga saham akhir yang berbeda. Beberapa harga saham menyentuh *barrier* dan beberapa tidak menyentuh *barrier*. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff* dan nilai opsi.

Perhitungan nilai *payoff* untuk penduga kedua dilakukan menggunakan persamaan (2.7) dan penentuan nilai opsi menggunakan persamaan (2.13), dengan mengasumsikan nilai opsi pada pergerakan harga saham yang pernah menyentuh *barrier* adalah bernilai \$0 maka diperoleh hasil seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 5 Output Perhitungan Penduga Kedua Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Kemungkinan Pergerakan Saham	S_T	Nilai Payoff (C) $\max(S_T - 77,26; 0)$	Nilai Opsi $e^{-0,06}C$
1	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
2	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
3	73,8792	0	0
4	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
5	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
6	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
7	62,6167	0	0
8	88,0385	10,7785	10,1508
9	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
10	64,9643	0	0

Tabel 4.5 menunjukkan hasil nilai opsi penduga kedua sedangkan hasil nilai opsi dari penduga pertama dapat dilihat pada tabel 4.1, selanjutnya dihitung rata-rata nilai opsi dari kedua penduga tersebut seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 6 Hasil Rata-rata dari Kedua Penduga Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Kemungkinan Pergerakan Saham	Nilai Opsi Penduga Pertama	Nilai Opsi Penduga Kedua	Rata-rata Nilai Opsi
1	4,8556	0	2,4278
2	3,3164	0	1,6582
3	8,4963	0	4,2481
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	10,1508	5,0754
9	0	0	0
10	0	0	0

Tabel 4.6 menunjukkan rata-rata nilai opsi dari kedua penduga pada setiap simulasi. Selanjutnya dapat ditentukan nilai opsi *Monte Carlo Antithetic Variate* untuk $M = 10$ dengan menggunakan persamaan (2.17):

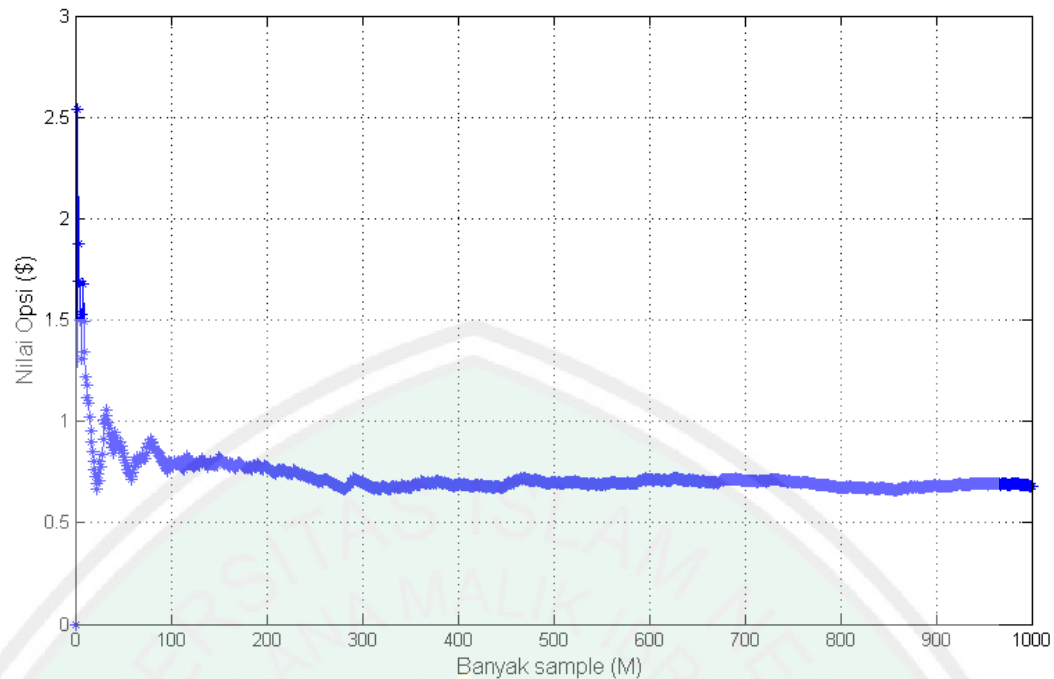
$$\begin{aligned}
 V_C &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} e^{-rT} \frac{f(\epsilon_i) + f(-\epsilon_i)}{2} \\
 &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (2,4278 + 1,6582 + 4,2481 + \dots + 5,0754 + 0 + 0) \\
 &= \frac{1}{10} (13,4096) \\
 &= 1,34096
 \end{aligned}$$

Sehingga dengan $M = 10$ diperoleh nilai opsi *call* sebesar \$1,3409. Selanjutnya untuk $M = 100, 1.000, 10.000$ dengan cara yang sama maka diperoleh hasil estimasi nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* sebagaimana tabel di bawah ini.

Tabel 4. 7 Hasil Penentuan Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Banyak Simulasi	Nilai Opsi <i>Call</i>	Simpangan Baku	Selang Kepercayaan	<i>Standard Error</i>
10	1,3410	1,9570	[-0,3764 3,0583]	0,6189
100	0,7895	1,3837	[0,4140 1,1649]	0,1384
1.000	0,6813	1,3421	[0,5703 0,7924]	0,0424
10.000	0,6711	1,3434	[0,6361 0,7061]	0,0134

Dari tabel 4. 7 dapat dilihat bahwa hasil nilai opsi *call* menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* pada opsi *Double Barrier Knock-Out* dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$ semakin menuju ke suatu nilai. Simpangan baku yang dihasilkan berkisar antara 1,3 dan 1,96. Semakin banyak simulasi yang dilakukan maka selang kepercayaan yang dihasilkan semakin sempit, artinya nilai yang dihasilkan semakin akurat. Dengan simulasi sebanyak 10.000 lebar dari selang kepercayaan yang dihasilkan sudah cukup kecil yaitu 0,07. Selain itu ketika jumlah simulasi diperbesar *standard error* yang dihasilkan juga semakin mengecil. Dengan simulasi sebanyak 10.000 *standard error* yang dihasilkan sebesar 0,0134. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* yang dihasilkan menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* adalah konvergen, yang dapat dibuktikan dengan grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 10 Grafik Nilai Opsi *Call Monte Carlo Antithetic Variate* Terhadap Banyak Simulasi

Grafik pada gambar 4.10 menunjukkan perubahan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* terhadap banyak simulasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada simulasi sebanyak 100 hingga ke atas nilai opsi yang dihasilkan sudah mulai konvergen ke suatu nilai. Dengan demikian dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak simulasi yang dilakukan maka nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* yang dihasilkan semakin konvergen.

4.1.3.2 Penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out*

Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* dilakukan sebanyak M simulasi yang diinginkan. Berikut ini beberapa kasus penentuan nilai opsi *put* dengan M yang berbeda menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate*:

1. Kasus $M = 1$

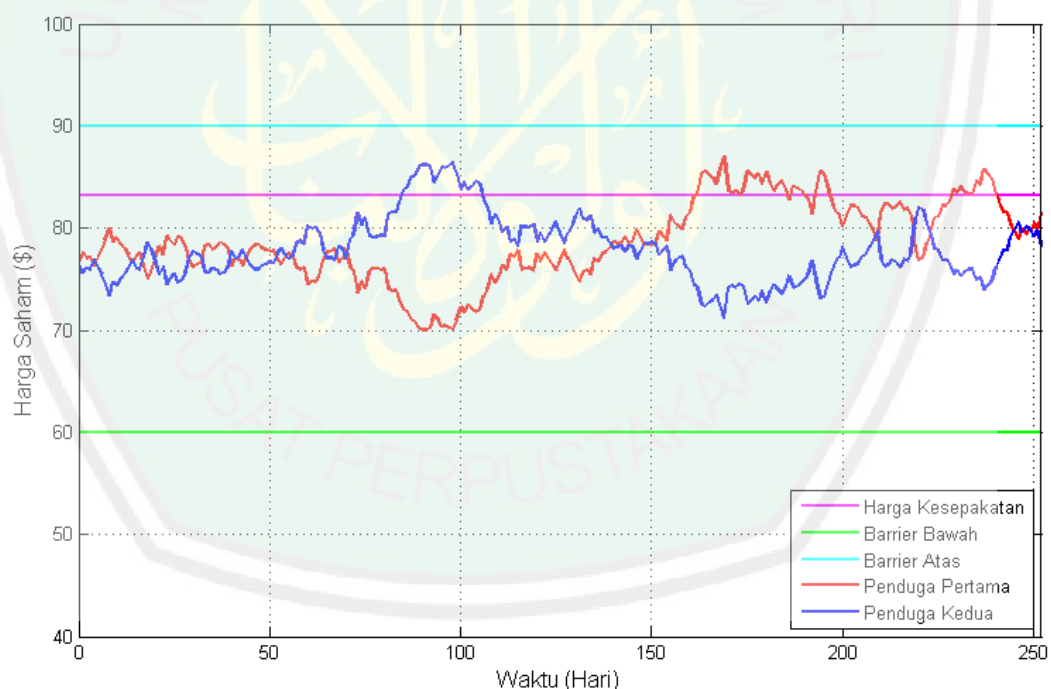
Pada penelitian ini monitoring pergerakan harga saham dilakukan secara harian, sehingga dalam 1 periode yaitu 1 tahun membutuhkan 252 sampel, oleh karena itu dibangkitkan bilangan random yang berdistribusi normal baku sebanyak 252. Misalkan digunakan hasil pembangkitan bilangan random pada pembahasan opsi *put Monte Carlo* Standart sebagai bilangan random untuk penduga pertama, yaitu seperti tabel pada lampiran 4. Bilangan-bilangan random tersebut dikalikan dengan bilangan -1 sehingga didapatkan invers dari bilangan-bilangan random tersebut yaitu seperti yang terlampir pada lampiran 8. Bilangan-bilangan random tersebut merupakan penduga kedua dari Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*.

Bilangan-bilangan random dari kedua penduga dan parameter-parameter yang telah ditentukan digunakan untuk menghitung harga saham. Perhitungan harga saham di setiap partisi dilakukan menggunakan persamaan (2.12). Bilangan random yang pertama digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi pertama, begitu pula bilangan random yang kedua digunakan untuk menghitung harga saham pada partisi kedua, dan seterusnya hingga partisi ke-252. Perhitungan harga saham untuk penduga pertama telah diuraikan sebelumnya pada pembahasan opsi *put* metode *Monte Carlo* Standart. Berikut ini perhitungan penduga kedua harga saham pada partisi pertama:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= S_0 e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\epsilon_1\sqrt{\Delta t}} \\
 &= 76,56 e^{\left(0,06 - \frac{1}{2}(0,19)^2\right)\left(\frac{1}{252}\right) + 0,19(-1,0905)\sqrt{\frac{1}{252}}} \\
 &= 76,56 e^{-0,0129} \\
 &= 76,56(0,9872) \\
 &= 75,5798
 \end{aligned}$$

Begitu pula untuk perhitungan harga saham pada partisi kedua hingga ke-252 dilakukan cara yang serupa, sehingga diperoleh penduga kedua dari harga saham selama 1 periode seperti pada tabel pada lampiran 9.

Dari tabel pada lampiran 9 dapat diketahui bahwa selama 1 periode harga saham maksimumnya sebesar \$86,3853 sedangkan harga saham minimumnya sebesar \$71,2008. Karena nilai *barrier* atas sebesar \$90 dan nilai *barrier* bawah sebesar \$60 maka $86,3853 < 90$ dan $71,2008 > 60$. Dengan demikian harga saham tersebut tidak pernah menyentuh *barrier*. Kemudian dari penduga pertama pergerakan harga saham pada lampiran 7 dan penduga kedua harga saham pada lampiran 9 diperoleh grafik 2 alur pergerakan harga saham selama 1 periode sebagaimana gambar berikut.



Gambar 4. 11 Dua alur pergerakan harga saham metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dengan $K = \$83,26$

Pada gambar 4.11 harga saham mengalami kenaikan dan penurunan, penduga pertama dari harga saham yaitu harga saham *Monte Carlo* Standart tidak pernah melewati *barrier* baik atas maupun bawah, begitu pula untuk penduga kedua dari harga saham *Monte Carlo Antithetic Variate*. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff*.

Nilai *payoff* dan nilai opsi *put* untuk penduga pertama telah diuraikan pada pembahasan opsi *put* metode *Monte Carlo* Standart. Berikut ini nilai *payoff* untuk penduga kedua dengan menggunakan persamaan (2.8):

$$\begin{aligned} P &= \max(K - S_T; 0) \\ &= \max(83,26 - 78,1621; 0) \\ &= \max(5,0979; 0) \\ &= 5,0979 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai *payoff* opsi *put* dilanjutkan dengan menghitung nilai opsi *put* menggunakan persamaan (2.14) dengan $M = 1$:

$$\begin{aligned} V_P &= e^{-rT} P \\ &= e^{-0,06(1)} 5,0979 \\ &= 4,801 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai opsi dari kedua penduga selanjutnya dihitung rata-rata nilai opsi dari kedua penduga tersebut menggunakan persamaan (2.17) dengan $M = 1$:

$$\begin{aligned} V_C &= \frac{1,6067 + 4,801}{2} \\ &= 3,2038 \end{aligned}$$

2. Kasus $M = 10, 100, 1.000, 10.000$

Pada pembahasan ini simulasi *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan sebanyak $M = 10, 100, 1.000, 10.000$ kali. Proses penentuan nilai opsi seperti pada kasus $M = 1$ dilakukan berulang-ulang sebanyak M yang diinginkan kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Misalkan untuk $M = 10$, maka proses tersebut diulangi sampai 10 kali simulasi dengan membangkitkan bilangan random yang berbeda di setiap perulangan sehingga diperoleh invers bilangan random yang berbeda pula. Dengan menggunakan 10 pembangkitan pergerakan harga saham seperti pada pembahasan opsi *put* metode *Monte Carlo Standart* sebagai penduga pertama maka diperoleh penduga kedua dari pergerakan harga saham seperti dalam grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 12 Penduga Kedua Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dengan $M = 10$ dan $K = \$83,26$

Gambar 4.12 merupakan grafik yang menunjukkan penduga kedua dari pergerakan harga saham Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*, dimana ini merupakan invers dari pergerakan harga saham pada gambar 4.6 yang digunakan sebagai penduga pertama pergerakan harga saham Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa dengan harga saham awal yang sama menghasilkan 10 harga saham akhir yang berbeda. Beberapa harga saham menyentuh *barrier* dan beberapa tidak menyentuh *barrier*. Karena jenis opsi yang akan diteliti adalah opsi *Double Barrier Knock-Out* sehingga apabila harga saham pernah menyentuh salah satu *barrier* baik atas ataupun bawah maka opsi tersebut tidak bernilai, dan sebaliknya apabila harga saham tersebut tidak melewati *barrier* maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *payoff* dan nilai opsi.

Perhitungan nilai *payoff* untuk penduga kedua dilakukan menggunakan persamaan (2.8) dan penentuan nilai opsi menggunakan persamaan (2.14), dengan mengasumsikan nilai opsi pada pergerakan harga saham yang pernah menyentuh *barrier* adalah bernilai \$0 maka diperoleh hasil seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 8 Output Perhitungan Penduga Kedua Nilai Opsi Put Double Barrier Knock-Out dengan Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Kemungkinan Pergerakan Saham	S_T	Nilai Payoff (P) $\max(83,26 - S_T; 0)$	Nilai Opsi $e^{-0,06P}$
1	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
2	83,6241	0	0
3	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
4	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
5	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
6	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
7	(menyentuh <i>barrier</i>)		0

8	79,4348	3,8252	3,6024
9	(menyentuh <i>barrier</i>)		0
10	(menyentuh <i>barrier</i>)		0

Tabel 4.8 menunjukkan hasil nilai opsi penduga kedua sedangkan hasil nilai opsi dari penduga pertama dapat dilihat pada tabel 4.3, selanjutnya dihitung rata-rata nilai opsi dari kedua penduga tersebut seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 Hasil Rata-rata dari Kedua Penduga Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Kemungkinan Pergerakan Saham	Nilai Opsi Penduga Pertama	Nilai Opsi Penduga Kedua	Rata-rata Nilai Opsi
1	11,4865	0	5,7433
2	6,6232	0	3,3116
3	13,2959	0	6,6480
4	15,7952	0	7,8976
5	8,7658	0	4,3829
6	9,9281	0	4,9640
7	0	0	0
8	0	3,6024	1,8012
9	0	0	0
10	0	0	0

Tabel 4.9 menunjukkan rata-rata nilai opsi dari kedua penduga pada setiap simulasi. Selanjutnya dapat ditentukan nilai opsi *Monte Carlo Antithetic Variate* untuk $M = 10$ dengan menggunakan persamaan (2.17):

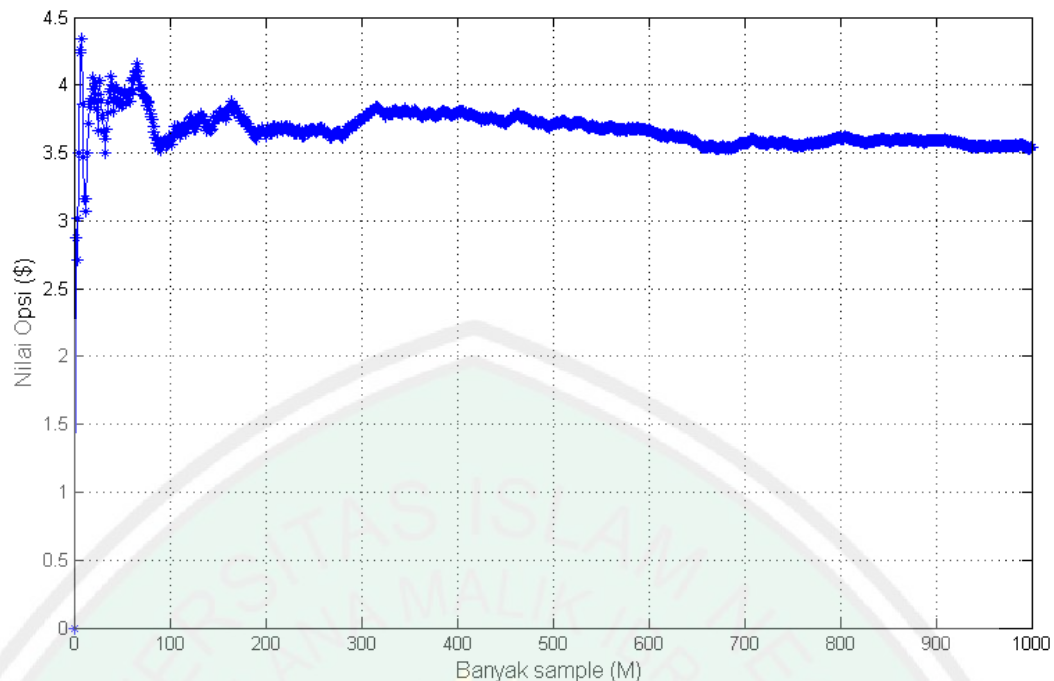
$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} e^{-rT} \frac{f(\epsilon_i) + f(-\epsilon_i)}{2} \\
 &= \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (5,7433 + 3,3116 + 6,648 + \dots + 1,8012 + 0 + 0) \\
 &= \frac{1}{10} (34,749) \\
 &= 3,4749
 \end{aligned}$$

Sehingga dengan $M = 10$ diperoleh nilai opsi *put* sebesar \$3,4749. Selanjutnya untuk $M = 100, 1.000, 10.000$ dengan cara yang sama maka diperoleh hasil estimasi nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* sebagaimana tabel di bawah ini.

Tabel 4. 10 Hasil Penentuan Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Banyak Simulasi	Nilai Opsi <i>Put</i>	Simpangan Baku	Selang Kepercayaan	<i>Standard Error</i>
10	3,4749	2,9225	[1,2824 5,6673]	0,9242
100	3,5916	3,2841	[2,7538 4,4294]	0,3284
1.000	3,5462	3,2124	[3,2753 3,8172]	0,1016
10.000	3,4842	3,1889	[3,4007 3,5676]	0,0319

Dari tabel 4. 10 dapat dilihat bahwa hasil nilai opsi *put* menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* pada opsi *Double Barrier Knock-Out* dengan $M = 10, 100, 1.000, 10.000$ semakin menuju ke suatu nilai. Simpangan baku yang dihasilkan berkisar antara 1 dan 2. Semakin banyak simulasi yang dilakukan selang kepercayaan yang dihasilkan semakin sempit, artinya nilai yang dihasilkan semakin akurat. Selain itu *standard error* yang dihasilkan ketika jumlah simulasi diperbesar juga semakin mengecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* yang dihasilkan menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* adalah konvergen, yang dapat dibuktikan dengan grafik pada gambar berikut.



Gambar 4. 13 Grafik Nilai Opsi *Put Monte Carlo Antithetic Variate* Terhadap Banyak Simulasi

Grafik pada gambar 4.13 menunjukkan perubahan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* terhadap banyak simulasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada simulasi sebanyak 350 hingga ke atas nilai opsi yang dihasilkan sudah mulai konvergen ke suatu nilai. Dengan demikian dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak simulasi yang dilakukan maka nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart yang dihasilkan semakin konvergen.

4.2 Perbandingan Metode *Monte Carlo* Standart dengan *Monte Carlo Antithetic Variate* pada Penentuan Nilai Opsi *Double Barrier Knock-Out*

Perbandingan metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dilakukan dengan membandingkan kekonvergenan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put* yang telah disimulasikan sebanyak 10,

100, 1.000, dan 10.000 perulangan. Kemudian karena metode *Monte Carlo Antithetic Variate* adalah salah satu metode reduksi variansi maka akan dibandingkan pula simpangan baku yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut. Selain itu juga akan dibandingkan *standard error* dari nilai opsi tersebut. Perbandingan hasil penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* menggunakan metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 11 Perbandingan Hasil Penentuan Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate*

Nilai <i>Barrier</i>	Hasil Analitik (<i>Black-Scholes</i>)	Banyak Simulasi	Nilai Opsi <i>Call Monte Carlo Standart</i>	<i>Standard Error</i> Opsi <i>Call MC Standart</i>	Nilai Opsi <i>Call Monte Carlo Antithetic Variate</i>	<i>Standard Error</i> Opsi <i>Call MC Antithetic Variate</i>
$L = 50$ $U = 100$	2,6976	$M = 10$	1,6668	0,9368	2,5822	0,8262
		$M = 100$	2,2583	0,4109	2,4318	0,2578
		$M = 1.000$	3,0013	0,1561	2,7965	0,0888
		$M = 10.000$	2,9604	0,0495	2,9099	0,0285
$L = 60$ $U = 90$	0,5776	$M = 10$	1,6668	0,9368	1,3410	0,6189
		$M = 100$	0,8614	0,2014	0,7895	0,1384
		$M = 1.000$	0,6566	0,0590	0,6813	0,0424
		$M = 10.000$	0,6897	0,0198	0,6711	0,0134
$L = 65$ $U = 85$	0,0734	$M = 10$	0,4856	0,4856	0,2428	0,2428
		$M = 100$	0,1029	0,0572	0,1214	0,0443
		$M = 1.000$	0,1082	0,0196	0,1028	0,0142
		$M = 10.000$	0,1088	0,0064	0,1035	0,0045

$S_0 = \$76,56$, $K = \$77,26$, $\sigma = 0,19$, $r = 0,06$, $T = 1$ tahun

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* ketika banyak simulasi diperbesar *standard error* yang dihasilkan oleh masing-masing metode semakin mengecil. Nilai *standard error* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* selalu lebih kecil dibandingkan dengan metode *Monte Carlo Standart*. Selain itu dengan $M = 10.000$ nilai opsi *call* yang dihasilkan oleh metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih mendekati solusi

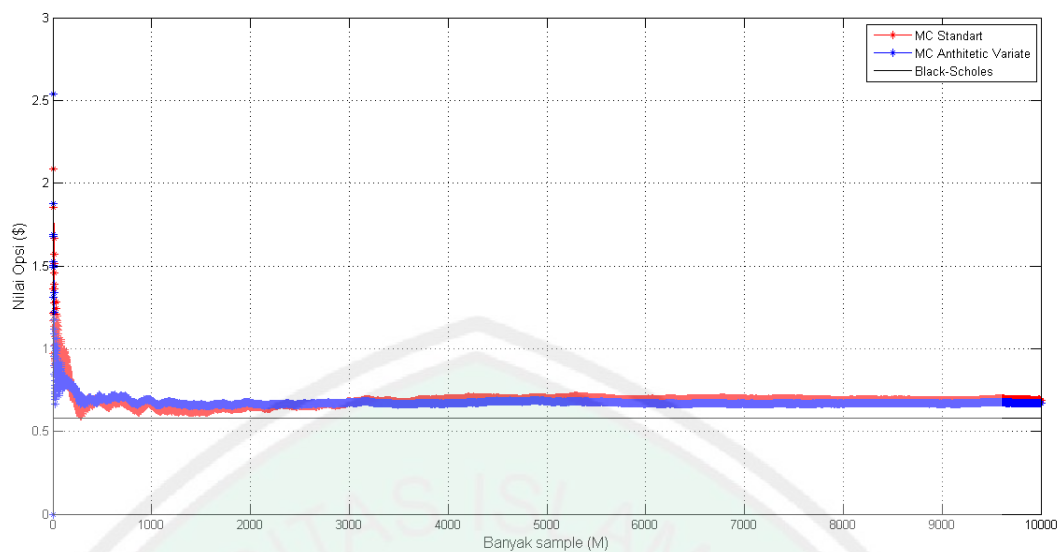
analitik *Black-Scholes* dibandingkan dengan *Monte Carlo* Standart. Akan tetapi dapat diamati bahwa semakin banyak simulasi baik *Monte Carlo* Standart maupun *Monte Carlo Antithetic Variate* tidak menjamin nilai opsi *call* yang dihasilkan semakin mendekati nilai *Black-Scholes*.

Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai Simpangan Baku dari Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* Metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate*

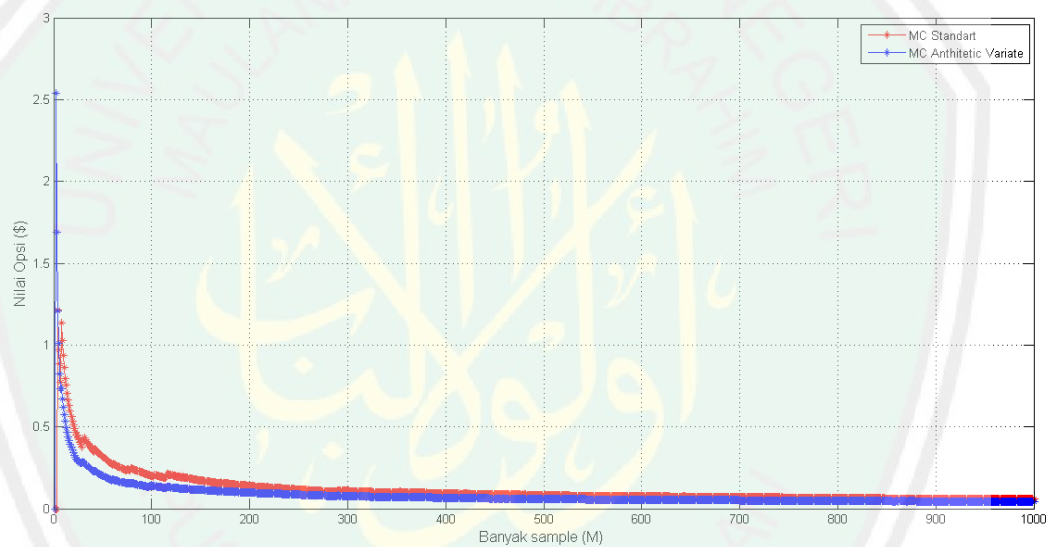
Nilai <i>Barrier</i>	Banyak Simulasi	Simpangan Baku MC Standart	Simpangan Baku MC Antithetic Variate
$L = 50$ $U = 100$	$M = 10$	2,9624	2,6126
	$M = 100$	4,1087	2,5776
	$M = 1.000$	4,9369	2,8096
	$M = 10.000$	4,9485	2,8514
$L = 60$ $U = 90$	$M = 10$	2,9624	1,9570
	$M = 100$	2,0136	1,3837
	$M = 1.000$	1,8661	1,3421
	$M = 10.000$	1,9817	1,3434
$L = 65$ $U = 85$	$M = 10$	1,5355	0,7677
	$M = 100$	0,5720	0,4428
	$M = 1.000$	0,6185	0,4475
	$M = 10.000$	0,6427	0,4450

$S_0 = \$76,56$, $K = \$77,26$, $\sigma = 0,19$, $r = 0,06$, $T = 1$ tahun

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* menggunakan *Monte Carlo Antithetic Variate* menghasilkan simpangan baku yang lebih kecil daripada *Monte Carlo* Standart. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknik reduksi variansi dari metode *Monte Carlo Antithetic Variate* berhasil. Efisiensi dari metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* dapat dilihat dari pengurangan variansi *Monte Carlo* Standart dan ini dapat meningkatkan tingkat akurasi dari hasil simulasi. Selain itu dapat diketahui dari tabel tersebut bahwa semakin sempit rentang *barrier* yang ditetapkan maka semakin kecil simpangan baku yang dihasilkan.



(a)



(b)

Gambar 4. 14 (a) Grafik Perbandingan Nilai Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* untuk *Monte Carlo Standart* dan *Antithetic Variate*, (b) Grafik Perbandingan Nilai *Standard Error* Opsi *Call Double Barrier Knock-Out* untuk *Monte Carlo Standart* dan *Antithetic Variate*

Gambar 4.14(a) menunjukkan perubahan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate* terhadap banyak simulasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa penentuan nilai opsi *call* menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih cepat konvergen dari pada *Monte Carlo Standart*. Konvergen dalam hal ini bukan

berarti akan didapatkan solusi eksak dari metode *Monte Carlo* tersebut akan tetapi tingkat akurasi yang semakin baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih baik dari pada *Monte Carlo Standart* dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out*. Kemudian gambar 4.14(b) menunjukkan perubahan nilai *standard error* opsi *call Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate* terhadap banyak simulasi. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai *standard error* yang dihasilkan oleh metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih kecil dan lebih cepat mendekati nol daripada *Monte Carlo Standart*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih baik daripada *Monte Carlo Standart* dalam penentuan nilai opsi *call Double Barrier Knock-Out*.

Selanjutnya perbandingan hasil penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* menggunakan metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Penentuan Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* dengan Metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate*

Nilai Barrier	Hasil Analitik (Black-Scholes)	Banyak Simulasi	Nilai Opsi Put Monte Carlo Standart	Standard Error Opsi Put MC Standart	Nilai Opsi Put Monte Carlo Antithetic Variate	Standard Error Opsi Put MC Antithetic Variate
$L = 50$ $U = 100$	6,3391	$M = 10$	7,7197	1,7038	6,1695	0,8743
		$M = 100$	5,6668	0,6501	6,1104	0,2983
		$M = 1.000$	6,3138	0,2429	6,3474	0,0996
		$M = 10.000$	6,4480	0,0774	6,4245	0,0320
$L = 60$ $U = 90$	3,2136	$M = 10$	6,5895	1,9530	3,4749	0,9242
		$M = 100$	3,9912	0,5912	3,5916	0,3284
		$M = 1.000$	3,3753	0,1769	3,5462	0,1016
		$M = 10.000$	3,5128	0,0567	3,4842	0,0319
$L = 65$ $U = 85$	0,7638	$M = 10$	4,5976	1,9592	2,2988	0,9796
		$M = 100$	0,9740	0,3113	1,8199	0,2166
		$M = 1.000$	0,8504	0,0897	0,9680	0,0653
		$M = 10.000$	0,9814	0,0302	0,9571	0,0200

$S_0 = \$76,56$, $K = \$83,26$, $\sigma = 0,19$, $r = 0,06$, $T = 1$ tahun

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* ketika banyak simulasi diperbesar *standard error* yang dihasilkan oleh masing-masing metode semakin mengecil. Nilai *standard error* metode *Monte Carlo Antithetic Variate* selalu lebih kecil dibandingkan dengan metode *Monte Carlo Standart*. Selain itu dengan $M = 10.000$ nilai opsi *put* yang dihasilkan oleh metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih mendekati solusi analitik *Black-Scholes* dibandingkan dengan *Monte Carlo Standart*. Akan tetapi dapat diamati bahwa semakin banyak simulasi baik *Monte Carlo Standart* maupun *Monte Carlo Antithetic Variate* tidak menjamin nilai opsi *put* yang dihasilkan semakin mendekati nilai *Black-Scholes*.

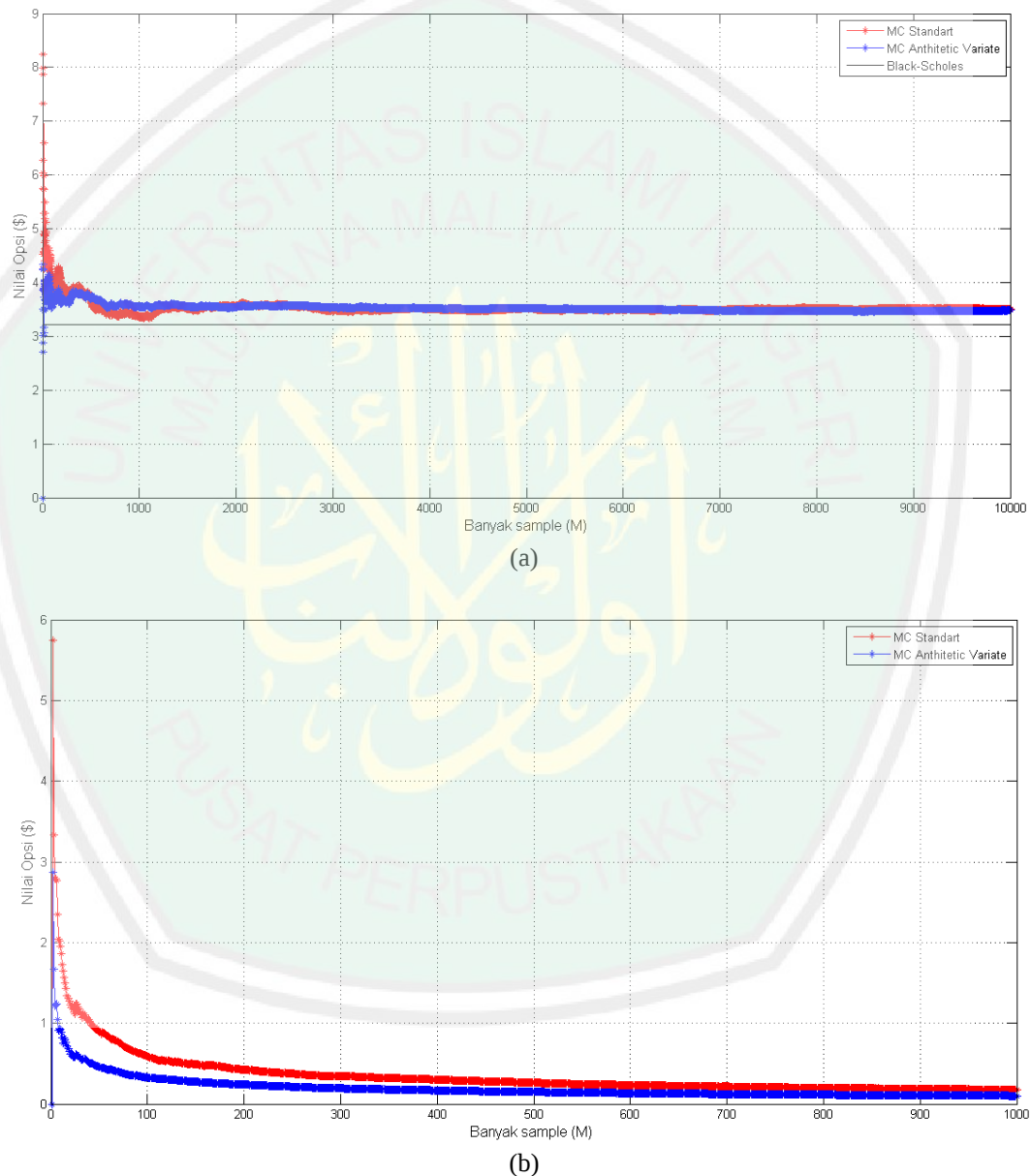
Tabel 4. 14 Perbandingan Nilai Simpangan Baku dari Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* Metode *Monte Carlo Standart* dan *Monte Carlo Antithetic Variate*

Nilai <i>Barrier</i>	Banyak Simulasi	Simpangan Baku MC Standart	Simpangan Baku MC Antithetic Variate
$L = 50$ $U = 100$	$M = 10$	5,3877	2,7647
	$M = 100$	6,5012	2,9833
	$M = 1.000$	7,6816	3,1497
	$M = 10.000$	7,7398	3,2021
$L = 60$ $U = 90$	$M = 10$	6,1759	2,9225
	$M = 100$	5,9121	3,2841
	$M = 1.000$	5,5943	3,2124
	$M = 10.000$	5,6695	3,1889
$L = 65$ $U = 85$	$M = 10$	6,1955	3,0977
	$M = 100$	3,1129	2,1660
	$M = 1.000$	2,8374	2,0643
	$M = 10.000$	3,0195	2,0040

$S_0 = \$76,56$, $K = \$83,26$, $\sigma = 0,19$, $r = 0,06$, $T = 1$ tahun

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* menggunakan *Monte Carlo Antithetic Variate* menghasilkan simpangan baku yang lebih kecil dari pada *Monte Carlo Standart*. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknik reduksi variansi dari *Monte Carlo Antithetic Variate* berhasil. Efisiensi dari metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* dapat dilihat dari pengurangan variansi *Monte Carlo* Standart dan ini dapat meningkatkan tingkat akurasi dari hasil simulasi. Selain itu dapat diketahui dari tabel tersebut bahwa semakin sempit rentang *barrier* yang ditetapkan maka semakin kecil simpangan baku yang dihasilkan.



Gambar 4. 15 (a) Grafik Perbandingan Nilai Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* untuk *Monte Carlo* Standart dan *Antithetic Variate*, (b) Grafik Perbandingan Nilai *Standard Error* Opsi *Put Double Barrier Knock-Out* untuk *Monte Carlo* Standart dan *Antithetic Variate*

Gambar 4.15(a) menunjukkan perubahan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* terhadap banyak simulasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa penentuan nilai opsi *put* menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih cepat konvergen dari pada *Monte Carlo* Standart. Konvergen dalam hal ini bukan berarti akan didapatkan solusi eksak dari metode *Monte Carlo* tersebut akan tetapi tingkat akurasi yang semakin baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih baik dari pada *Monte Carlo* Standart dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out*. Kemudian gambar 4.15(b) menunjukkan perubahan nilai *standard error* opsi *put Double Barrier Knock-Out* metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* terhadap banyak simulasi. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai *standard error* yang dihasilkan oleh metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih kecil dan lebih cepat mendekati nol daripada *Monte Carlo* Standart. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih baik daripada *Monte Carlo* Standart dalam penentuan nilai opsi *put Double Barrier Knock-Out*.

4.3 Implementasi Nilai Opsi *Double Barrier* Metode *Monte Carlo Antithetic Variate*

Metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dapat digunakan untuk menentukan nilai opsi seperti yang telah ditunjukkan pada subbab pembahasan sebelumnya. Hasil perbandingan antara metode *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* menunjukkan bahwa metode *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih baik dalam menentukan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put*. Oleh karena itu berikut akan dijelaskan contoh

pengimplementasian nilai opsi metode *Monte Carlo Antithetic Variate* pada beberapa kasus yang mungkin terjadi dalam proses jual beli opsi oleh pialang saham.

Misalkan transaksi perjanjian jual beli opsi *Double Barrier Knock-Out call* antara pemegang opsi (*holder*) dan penjamin opsi (*writer*) dilakukan pada tanggal 24 Februari 2020, dimana harga saham pada saat itu sebesar \$76,56. Harga kesepakatan yang harus dibayar *holder* (jika ia menggunakan hak belinya) pada saat jatuh tempo yaitu pada satu tahun yang akan datang adalah sebesar \$77,26. Nilai *barrier* bawah yang disepakati oleh *holder* dan *writer* adalah sebesar \$50 sedangkan nilai *barrier* atas sebesar \$100, sehingga apabila dalam jangka waktu 1 tahun harga saham ternyata pernah turun hingga $\leq \$50$ atau naik hingga $\geq \$100$ maka opsi tersebut hangus atau tidak dapat digunakan oleh *holder*. Dengan demikian menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dihasilkan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out call* yang harus dibayarkan oleh *holder* kepada *writer* pada saat dilakukannya transaksi perjanjian adalah sebesar \$2,9099.

Pergerakan harga saham diasumsikan mengikuti gerak *Brown* karena harga saham bergerak secara acak setiap saat bisa saja naik ataupun turun, hal tersebut menyebabkan harga saham sulit untuk diprediksi. Karena pada kasus penelitian ini opsi yang diperjual belikan adalah opsi *Double Barrier*, dengan pergerakan harga saham yang sulit diprediksi maka opsi tersebut memiliki peluang untuk hangus (tidak dapat dipakai *holder*) lebih besar. Apabila selama jangka waktu 1 tahun ternyata harga saham menyentuh salah satu *barrier* atau keduanya dan mengakibatkan opsi tersebut hangus atau haknya tidak dapat lagi digunakan oleh

holder, dalam kasus seperti ini maka *holder* tidak akan mendapat keuntungan akan tetapi juga tidak akan mengalami kerugian.

Apabila selama jangka waktu 1 tahun pergerakan harga saham tidak pernah menyentuh *barrier* dan harga saham pada saat jatuh tempo ternyata di atas harga kesepakatan maka *holder* dapat memperoleh keuntungan dengan cara menggunakan opsi *call* tersebut, yaitu dengan menggunakan hak untuk membeli saham dari *writer* dengan harga yang telah disepakati di awal ketika transaksi perjanjian. Saham yang telah dibeli oleh *holder* dengan harga kesepakatan yang lebih rendah dari harga pasar kemudian pada saat itu juga dijual kepada pialang saham dengan harga pasar. Sehingga keuntungan yang didapatkan oleh *holder* yaitu sebesar selisih harga saham pada saat jatuh tempo (harga pasar) dengan harga kesepakatan. Misalkan harga saham saat jatuh tempo sebesar \$79 maka dengan mengeksekusi opsi *call* tersebut *holder* akan mendapat keuntungan sebesar $\$79 - \$77,26 = \$1,74$. Namun sebaliknya, apabila harga saham pada saat jatuh tempo (harga pasar) ternyata di bawah harga kesepakatan maka *holder* tidak akan mendapat keuntungan akan tetapi juga tidak akan mengalami kerugian karena *holder* tidak menggunakan haknya untuk membeli saham dari *writer* dengan harga kesepakatan yang ternyata di atas harga pasar saat itu.

Selanjutnya untuk kasus jual beli opsi *put*, misalkan transaksi perjanjian jual beli opsi *Double Barrier Knock-Out put* antara *holder* dan *writer* dilakukan ketika harga saham pada saat itu sebesar \$76,56. Harga kesepakatan yang akan diterima *holder* (jika ia menggunakan hak jualnya) pada saat jatuh tempo yaitu pada satu tahun yang akan datang adalah sebesar \$83,26. Nilai *barrier* yang disepakati oleh *holder* dan *writer* sama seperti pada contoh kasus opsi *call* yaitu

sebesar \$50 dan \$100. Dengan demikian menggunakan metode *Monte Carlo Antithetic Variate* dihasilkan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out put* yang harus dibayarkan oleh *writer* kepada *holder* pada saat dilakukannya transaksi perjanjian adalah sebesar \$6,4245.

Apabila selama jangka waktu 1 tahun pergerakan harga saham tidak pernah menyentuh *barrier* dan harga saham pada saat jatuh tempo ternyata di bawah harga kesepakatan maka *holder* dapat memperoleh keuntungan dengan cara menggunakan opsi *put* tersebut, yaitu dengan menggunakan hak untuk menjual saham kepada *writer* dengan harga yang telah disepakati di awal ketika transaksi perjanjian. *Holder* menjual saham yang ia punya kepada *writer* dengan harga kesepakatan yang lebih tinggi dari harga pasar atau pada saat itu juga *holder* bisa membeli saham di pasar saham dengan harga pasar dan langsung menjualnya kepada *writer* dengan harga kesepakatan. Sehingga keuntungan yang didapatkan oleh *holder* yaitu sebesar selisih harga kesepakatan dengan harga saham pada saat jatuh tempo (harga pasar). Misalkan harga saham saat jatuh tempo sebesar \$80 maka dengan mengeksekusi opsi *put* tersebut *holder* akan mendapat keuntungan sebesar $\$83,26 - \$80 = \$3,26$. Namun sebaliknya, apabila harga saham pada saat jatuh tempo (harga pasar) ternyata di atas harga kesepakatan maka *holder* tidak akan mendapat keuntungan akan tetapi juga tidak akan mengalami kerugian karena *holder* tidak menggunakan haknya untuk menjual saham kepada *writer* dengan harga kesepakatan yang ternyata di bawah harga pasar saat itu.

4.4 Nilai-nilai dalam Islam

Penentuan nilai opsi menggunakan metode *Monte Carlo* dilakukan dengan proses perhitungan yang cukup panjang. Proses perhitungan tersebut harus dilakukan dengan hati-hati atau teliti. Ketelitian dan kecermatan sangat diperlukan dalam proses tersebut agar hasil perhitungan menjadi lebih akurat dan dapat dipercaya. Salah satu caranya yaitu dengan memeriksa kembali dengan cermat apakah proses perhitungan yang dilakukan sudah benar. Sebagaimana Allah Swt memerintahkan untuk memeriksa kebenaran suatu berita sebelum mempercayainya, Allah Swt berfirman,

يَتَأَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِن جَاءَكُمْ فَاسِقٌ بِنَبَأٍ فَتَبَيَّنُوا أَن تُصِيبُوا قَوْمًا بِجَهَالَةٍ فَتُصْبِحُوا عَلَىٰ مَا فَعَلْتُمْ نَادِمِينَ ﴿٦﴾

“Hai orang-orang yang beriman, jika datang kepadamu orang fasik membawa suatu berita, Maka periksalah dengan teliti agar kamu tidak menimpakan suatu musibah kepada suatu kaum tanpa mengetahui keadaannya yang menyebabkan kamu menyesal atas perbuatanmu itu.” (QS. al-Hujuraat/49:6)

Sebagaimana pentingnya ketelitian maka sesuatu yang bersifat tergesa-gesa haruslah dihindari agar tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil. Rasulullah Saw bersabda,

النَّائِي مِنَ اللَّهِ , وَالْعَجَلُ مِنَ الشَّيْطَانِ

“Ketenangan datangnya dari Allah, sedangkan tergesa-gesa datangnya dari setan.” (HR. Al-Baihaqi dalam As-Sunan Al-Kubra 10/104 dan Abu Ya’la dalam Musnadnya 3/1054)

Oleh karena itu janganlah tergesa-gesa dalam melakukan sesuatu karena hal tersebut merupakan salah satu sifat setan.

Proses perhitungan dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put* menggunakan metode *Monte Carlo* Standart dan *Antithetic*

Variate harus dilakukan dengan teliti dan tidak tergesa-gesa agar diperoleh hasil dengan kualitas yang lebih baik. Sehingga hasil penelitian tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengaplikasian di kehidupan nyata. Seperti halnya ketika menerima sebuah berita untuk tidak tergesa-gesa dalam mempercayai dan menyebarkannya, sebagaimana Allah Swt memerintahkan untuk memeriksa terlebih dahulu kebenaran dari berita tersebut. Begitu pula dalam melakukan segala sesuatu di kehidupan sehari-hari sangatlah penting untuk melakukannya dengan teliti dan tidak tergesa-gesa.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* dapat digunakan untuk memprediksi harga saham dan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put*. Nilai *standard error* simulasi *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* semakin mengecil apabila banyak simulasi diperbesar. Selain itu semakin banyak simulasi maka nilai opsi yang dihasilkan *Monte Carlo* Standart dan *Monte Carlo Antithetic Variate* semakin konvergen.
2. *Monte Carlo Antithetic Variate* menghasilkan nilai *standard error* dan simpangan baku yang lebih kecil daripada *Monte Carlo* Standart sehingga memberikan tingkat akurasi yang lebih baik. Selain itu *Monte Carlo Antithetic Variate* juga lebih cepat konvergen. Dengan $M = 10.000$ nilai opsi yang dihasilkan oleh *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih mendekati solusi analitik *Black-Scholes* dari pada *Monte Carlo* Standart. Sehingga *Monte Carlo Antithetic Variate* lebih baik daripada *Monte Carlo* Standart dalam menentukan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put*. Semakin kecil rentang *barrier* yang ditetapkan maka semakin kecil simpangan baku yang dihasilkan dari kedua metode *Monte Carlo*.
3. Pengimplementasian nilai opsi *Double Barrier Knock-Out* baik *call* maupun *put* pada beberapa kasus jual beli oleh pialang saham menunjukkan bahwa

baik suatu opsi dieksekusi oleh *holder* ataupun tidak dieksekusi tidak akan merugikan *holder* dan *writer*.

5.2 Saran

Pada penelitian ini penulis hanya berfokus pada teknik reduksi variansi dari *Monte Carlo Antithetic Variate* dalam penentuan nilai opsi *Double Barrier Knock-Out*. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengkaji simulasi *Monte Carlo* lebih dalam pada pengurangan *hitting time error* menggunakan teknik *Brownian Bridge* atau mengembangkan pada penentuan nilai opsi dengan memasukkan faktor-faktor lain seperti pembayaran dividen, pajak dan bunga tak konstan.

DAFTAR RUJUKAN

- Asna, M., 2011. *Penentuan Harga Opsi Beli Eropa dengan Metode Simulasi Monte Carlo*, Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Damodaran, A., 2012. *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc..
- Diandra, D., 2016. *Strategi Membangun Bisnis Mandiri*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Firmansyah, 2006. Analisis Volatilitas Harga Kopi Internasional. *Manajemen Usahawan Indonesia*, XXXV(7), pp. 44-53.
- Harinaldi, 2005. *Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Erlangga.
- Haug, E. G., 2007. *The Complete Guide to Option Pricing Formulas, Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Hery, 2015. *Pengantar Akuntansi, Comprehensive Edition*. Jakarta: PT Grasindo.
- Higham, D. J., 2004. *An Introduction to Financial Option Valuation*. New York: Cambridge University Press.
- Hull, J. C., 2012. *Options, Futures, and Other Derivatives, 8th Edition*. Boston: Prentice Hall.
- Jabbour, G. M. & Liu, Y.-K., 2005. Option Pricing and Monte Carlo Simulations. *Journal of Business & Economics Research*, 3(9), pp. 1-6.
- James, P., 2003. *Option Theory*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Lessy, D., 2013. Simulasi Monte Carlo dalam Penentuan Harga Opsi Barrier. *Jurnal Matematika dan Pembelajarannya*, 2(2), pp. 20-28.
- Mawby, W. D., 2007. *Project Portofolio Selection for Six Sigma*. Milwaukee: American Society for Quality.
- Muhammad, A. b., 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i.
- Oei, I., 2009. *Kiat Investasi Valas, Emas, Saham*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Putri, L. H. T. W., Dharmawan, K. & Sumarjaya, I. W., 2018. Penentuan Harga Jual Opsi Barrier Tipe Eropa dengan Metode Antithetic Variate pada Simulasi Monte Carlo. *E-Jurnal Matematika*, 7(2), pp. 71-78.

- Ramirez, J., 2007. *Accounting for Derivatives : Advanced Hedging under IFRS*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Ross, S. M., 2011. *An Elementary Introduction to Mathematical Finance, Third Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Sinclair, E., 2010. *Option Trading : Pricing and Volatility Strategies and Techniques*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Spiegel, M. R., Schiller, J. & Srinivasan, R. A., 2004. *Schaum's Outlines of Probabilitas dan Statistik Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, B. & Wang, L., 2011. *Pricing Barrier Options using Monte Carlo Methods*, Uppsala: Department of Mathematics Uppsala University.
- Weert, F. D., 2008. *Exotic Options Trading*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Widodo, S., 2011. *Mindset Sukses Agen Asuransi Cara Cerdas, Sukses, Kaya, dan Terpuji*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Zhang, P. G., 1998. *Exotic Options : A Guide to Second Generation Options*. Farrer Road: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Penutupan Harga Saham Mingguan Merck & Co., Inc. Periode 01 Maret 2015 sampai 28 Februari 2020 dan Hasil Perhitungan Z

Date	Close (\$)	Z-score	Date	Close (\$)	Z-score
02/03/2015	56,84	-0,77045	02/11/2015	54,61	-0,97061
09/03/2015	56,20	-0,82790	09/11/2015	53,03	-1,11243
16/03/2015	58,58	-0,61427	16/11/2015	54,10	-1,01639
23/03/2015	57,75	-0,68877	23/11/2015	53,96	-1,02896
30/03/2015	57,10	-0,74711	30/11/2015	53,64	-1,05768
06/04/2015	57,25	-0,73365	07/12/2015	52,15	-1,19142
13/04/2015	56,88	-0,76686	14/12/2015	51,64	-1,23720
20/04/2015	57,60	-0,70224	21/12/2015	52,85	-1,12859
27/04/2015	59,86	-0,49938	28/12/2015	52,82	-1,13128
04/05/2015	60,74	-0,42039	04/01/2016	51,08	-1,28746
11/05/2015	60,23	-0,46617	11/01/2016	51,14	-1,28208
18/05/2015	59,38	-0,54246	18/01/2016	51,35	-1,26323
25/05/2015	60,89	-0,40693	25/01/2016	50,67	-1,32427
01/06/2015	58,99	-0,57747	01/02/2016	49,38	-1,44005
08/06/2015	57,87	-0,67800	08/02/2016	49,03	-1,47147
15/06/2015	58,04	-0,66274	15/02/2016	50,12	-1,37363
22/06/2015	58,49	-0,62235	22/02/2016	50,64	-1,32696
29/06/2015	57,67	-0,69595	29/02/2016	52,08	-1,19770
06/07/2015	57,95	-0,67082	07/03/2016	53,20	-1,09717
13/07/2015	58,82	-0,59273	14/03/2016	52,25	-1,18245
20/07/2015	57,41	-0,71929	21/03/2016	53,07	-1,10884
27/07/2015	58,96	-0,58016	28/03/2016	53,70	-1,05230
03/08/2015	57,97	-0,66902	04/04/2016	55,36	-0,90330
10/08/2015	59,18	-0,56042	11/04/2016	56,14	-0,83328
17/08/2015	55,77	-0,86649	18/04/2016	56,74	-0,77943
24/08/2015	55,37	-0,90240	25/04/2016	54,84	-0,94997
31/08/2015	51,59	-1,24169	02/05/2016	53,60	-1,06127
07/09/2015	52,09	-1,19681	09/05/2016	53,88	-1,03614
14/09/2015	52,13	-1,19322	16/05/2016	55,11	-0,92573
21/09/2015	49,60	-1,42031	23/05/2016	56,48	-0,80277
28/09/2015	50,14	-1,37184	30/05/2016	56,64	-0,78840
05/10/2015	50,95	-1,29913	06/06/2016	56,81	-0,77314
12/10/2015	51,48	-1,25156	13/06/2016	55,89	-0,85572
19/10/2015	52,88	-1,12590	20/06/2016	55,88	-0,85662
26/10/2015	54,66	-0,96613	27/06/2016	57,94	-0,67172

Date	Close (\$)	Z-score	Date	Close (\$)	Z-score
04/07/2016	59,35	-0,54516	10/04/2017	62,61	-0,25254
11/07/2016	59,63	-0,52002	17/04/2017	61,89	-0,31717
18/07/2016	58,82	-0,59273	24/04/2017	62,33	-0,27767
25/07/2016	58,66	-0,60709	01/05/2017	63,97	-0,13047
01/08/2016	63,86	-0,14034	08/05/2017	63,57	-0,16637
08/08/2016	63,35	-0,18612	15/05/2017	63,78	-0,14752
15/08/2016	63,36	-0,18522	22/05/2017	64,92	-0,04520
22/08/2016	62,85	-0,23100	29/05/2017	65,47	0,00417
29/08/2016	62,98	-0,21933	05/06/2017	64,39	-0,09277
05/09/2016	62,49	-0,26331	12/06/2017	62,97	-0,22023
12/09/2016	62,28	-0,28216	19/06/2017	66,16	0,06610
19/09/2016	62,96	-0,22113	26/06/2017	64,09	-0,11970
26/09/2016	62,41	-0,27049	03/07/2017	63,16	-0,20318
03/10/2016	62,77	-0,23818	10/07/2017	63,06	-0,21215
10/10/2016	62,14	-0,29473	17/07/2017	62,63	-0,25075
17/10/2016	61,20	-0,37910	24/07/2017	64,11	-0,11790
24/10/2016	58,84	-0,59093	31/07/2017	63,10	-0,20856
31/10/2016	58,82	-0,59273	07/08/2017	62,38	-0,27319
07/11/2016	63,95	-0,13227	14/08/2017	61,49	-0,35307
14/11/2016	61,87	-0,31896	21/08/2017	62,94	-0,22292
21/11/2016	62,21	-0,28845	28/08/2017	63,83	-0,14304
28/11/2016	61,13	-0,38539	04/09/2017	64,27	-0,10354
05/12/2016	61,23	-0,37641	11/09/2017	66,16	0,06610
12/12/2016	62,44	-0,26780	18/09/2017	65,13	-0,02635
19/12/2016	59,56	-0,52631	25/09/2017	64,03	-0,12508
26/12/2016	58,87	-0,58824	02/10/2017	64,55	-0,07841
02/01/2017	60,27	-0,46258	09/10/2017	63,39	-0,18253
09/01/2017	62,34	-0,27678	16/10/2017	63,88	-0,13855
16/01/2017	62,53	-0,25972	23/10/2017	58,24	-0,64479
23/01/2017	61,75	-0,32974	30/10/2017	56,06	-0,84046
30/01/2017	64,29	-0,10175	06/11/2017	55,48	-0,89252
06/02/2017	64,15	-0,11431	13/11/2017	55,20	-0,91766
13/02/2017	65,39	-0,00301	20/11/2017	54,35	-0,99395
20/02/2017	66,16	0,06610	27/11/2017	55,87	-0,85752
27/02/2017	66,58	0,10380	04/12/2017	55,57	-0,88445
06/03/2017	65,60	0,01584	11/12/2017	56,24	-0,82431
13/03/2017	63,90	-0,13675	18/12/2017	56,36	-0,81354
20/03/2017	63,18	-0,20138	25/12/2017	56,27	-0,82161
27/03/2017	63,54	-0,16907	01/01/2018	56,99	-0,75699
03/04/2017	63,13	-0,20587	08/01/2018	58,66	-0,60709

Date	Close (\$)	Z-score	Date	Close (\$)	Z-score
15/01/2018	61,28	-0,37192	22/10/2018	70,40	0,44668
22/01/2018	62,04	-0,30371	29/10/2018	72,27	0,61453
29/01/2018	58,56	-0,61607	05/11/2018	74,86	0,84701
05/02/2018	54,87	-0,94728	12/11/2018	76,06	0,95472
12/02/2018	56,29	-0,81982	19/11/2018	74,67	0,82995
19/02/2018	54,87	-0,94728	26/11/2018	79,34	1,24913
26/02/2018	54,36	-0,99305	03/12/2018	76,72	1,01396
05/03/2018	55,14	-0,92304	10/12/2018	76,48	0,99241
12/03/2018	55,67	-0,87547	17/12/2018	72,90	0,67108
19/03/2018	53,41	-1,07833	24/12/2018	75,37	0,89278
26/03/2018	54,47	-0,98318	31/12/2018	76,27	0,97356
02/04/2018	53,36	-1,08281	07/01/2019	74,90	0,85060
09/04/2018	57,17	-0,74083	14/01/2019	75,87	0,93766
16/04/2018	58,83	-0,59183	21/01/2019	72,95	0,67557
23/04/2018	59,47	-0,53439	28/01/2019	76,45	0,98972
30/04/2018	57,75	-0,68877	04/02/2019	77,52	1,08576
07/05/2018	59,69	-0,51464	11/02/2019	79,81	1,29131
14/05/2018	59,14	-0,56401	18/02/2019	80,77	1,37748
21/05/2018	59,09	-0,56849	25/02/2019	81,65	1,45647
28/05/2018	60,56	-0,43655	04/03/2019	79,80	1,29041
04/06/2018	62,58	-0,25524	11/03/2019	81,57	1,44929
11/06/2018	62,03	-0,30460	18/03/2019	82,29	1,51391
18/06/2018	61,47	-0,35487	25/03/2019	83,17	1,59290
25/06/2018	60,70	-0,42398	01/04/2019	81,15	1,41159
02/07/2018	62,20	-0,28934	08/04/2019	79,43	1,25720
09/07/2018	62,89	-0,22741	15/04/2019	73,19	0,69711
16/07/2018	62,52	-0,26062	22/04/2019	76,63	1,00588
23/07/2018	63,49	-0,17355	29/04/2019	80,00	1,30837
30/07/2018	65,93	0,04546	06/05/2019	78,19	1,14590
06/08/2018	66,07	0,05802	13/05/2019	78,72	1,19347
13/08/2018	69,06	0,32640	20/05/2019	81,17	1,41338
20/08/2018	69,04	0,32461	27/05/2019	79,21	1,23746
27/08/2018	68,59	0,28422	03/06/2019	82,46	1,52917
03/09/2018	69,67	0,38116	10/06/2019	82,78	1,55790
10/09/2018	69,98	0,40898	17/06/2019	84,57	1,71856
17/09/2018	71,10	0,50951	24/06/2019	83,85	1,65394
24/09/2018	70,94	0,49515	01/07/2019	85,60	1,81102
01/10/2018	71,03	0,50323	08/07/2019	79,73	1,28413
08/10/2018	69,81	0,39372	15/07/2019	81,39	1,43313
15/10/2018	72,35	0,62171	22/07/2019	81,43	1,43672

29/07/2019	84,47	1,70959	18/11/2019	85,45	1,79755
05/08/2019	85,52	1,80384	25/11/2019	87,18	1,95284
12/08/2019	85,06	1,76255	02/12/2019	88,85	2,10273
19/08/2019	84,94	1,75178	09/12/2019	89,19	2,13325
26/08/2019	86,47	1,88911	16/12/2019	91,58	2,34778
02/09/2019	86,57	1,89808	23/12/2019	91,50	2,34059
09/09/2019	82,61	1,54264	30/12/2019	91,25	2,31816
16/09/2019	85,16	1,77152	06/01/2020	89,53	2,16377
23/09/2019	82,91	1,56957	13/01/2020	90,97	2,29302
30/09/2019	85,00	1,75716	20/01/2020	85,98	1,84513
07/10/2019	84,34	1,69792	27/01/2020	85,44	1,79666
14/10/2019	84,68	1,72844	03/02/2020	85,08	1,76434
21/10/2019	82,26	1,51122	10/02/2020	82,65	1,54623
28/10/2019	84,94	1,75178	17/02/2020	82,34	1,51840
04/11/2019	83,59	1,63060	24/02/2020	76,56	0,99960
11/11/2019	84,90	1,74819			

Lampiran 2: Hasil Pembangkitan Bilangan Random Berdistribusi Normal Baku untuk Penentuan Nilai Opsi Call

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
1	0,6666	37	-0,3618	73	-0,4680	109	0,8032	145	0,7025
2	1,8709	38	-0,6321	74	-1,1792	110	-1,9140	146	-0,1831
3	0,6680	39	1,0005	75	0,2809	111	1,1121	147	0,6748
4	-2,1898	40	0,4778	76	1,5497	112	-0,8159	148	1,7009
5	0,4089	41	0,6064	77	0,8325	113	-0,8045	149	-1,5069
6	-0,6579	42	-0,6890	78	-2,1183	114	-0,7191	150	-1,4662
7	-0,0355	43	0,4180	79	-0,1689	115	-0,3302	151	0,6085
8	1,2285	44	-0,1193	80	0,4123	116	0,5468	152	-0,7268
9	-1,4343	45	-0,5406	81	0,4998	117	1,1752	153	-0,4887
10	0,4792	46	-0,9442	82	-0,1162	118	-0,8758	154	-0,1551
11	1,3490	47	0,0002	83	0,6666	119	-2,1170	155	-1,8821
12	0,6856	48	1,1019	84	-0,4154	120	-0,9491	156	0,3893
13	-0,6633	49	-1,7836	85	0,9576	121	0,4146	157	-1,5589
14	0,7404	50	1,8641	86	-0,4729	122	0,0667	158	0,0822
15	-0,1734	51	0,1548	87	0,3353	123	0,2272	159	2,9833
16	0,9469	52	-1,3815	88	0,2732	124	0,0887	160	1,0325
17	1,7346	53	0,9372	89	0,4956	125	-2,9076	161	0,3539
18	-0,2128	54	-0,3426	90	0,0101	126	-0,9977	162	0,3378
19	-0,1502	55	0,6267	91	-0,6740	127	0,1367	163	0,1950
20	-0,0788	56	-0,4611	92	-1,9542	128	1,4928	164	0,5466
21	1,8773	57	-1,3700	93	-0,7243	129	-0,9182	165	1,2849
22	-0,2768	58	-1,9277	94	1,2880	130	-0,5971	166	-0,7751
23	-1,3041	59	-0,3059	95	-0,5077	131	-0,7784	167	0,1307
24	-0,8941	60	-0,6229	96	-0,1016	132	0,1333	168	-2,1718
25	1,6412	61	2,0388	97	-0,9545	133	-1,1653	169	0,2298
26	1,4913	62	0,5340	98	-1,0134	134	0,7561	170	1,2453
27	-1,3525	63	0,6440	99	-0,4702	135	0,8144	171	-0,0962
28	1,1263	64	-1,0031	100	-0,4061	136	0,9293	172	0,4032
29	-0,0560	65	0,9949	101	-0,5311	137	-0,4858	173	-1,3126
30	-1,0960	66	1,6642	102	-0,3859	138	-0,3469	174	-0,0211
31	-0,1418	67	-0,5098	103	-0,0220	139	-0,1641	175	0,0801
32	0,1180	68	-0,9423	104	-0,7001	140	0,5805	176	0,0867
33	0,7877	69	1,5353	105	1,3921	141	-0,0817	177	-1,5579
34	1,4293	70	0,1457	106	-0,9512	142	1,9006	178	-1,1322
35	0,5486	71	-0,0678	107	0,3803	143	-0,8249	179	1,9723
36	-1,2265	72	-1,3984	108	0,1217	144	-0,4501	180	0,2131

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
181	-0,8644	196	0,7630	211	-1,5287	226	0,8995	241	0,7255
182	-0,6264	197	-0,0413	212	-2,2707	227	0,4805	242	0,1038
183	0,0543	198	1,3668	213	-1,0591	228	-0,3980	243	0,1440
184	0,2531	199	0,4613	214	0,1703	229	0,2718	244	-0,4291
185	-0,2670	200	1,9067	215	0,9006	230	0,6352	245	-0,3258
186	0,9223	201	-0,8710	216	-0,4367	231	0,9771	246	1,2794
187	0,1313	202	0,7186	217	0,3784	232	-1,4758	247	-0,8276
188	-0,1742	203	-0,3509	218	0,3743	233	-0,1651	248	0,2409
189	1,1739	204	-0,8775	219	-0,6804	234	-0,6208	249	0,8288
190	-0,5844	205	0,1072	220	0,2520	235	1,5884	250	-0,2842
191	0,2344	206	0,9975	221	0,3105	236	0,1937	251	1,2887
192	1,8928	207	0,6125	222	0,4435	237	0,5268	252	-0,0422
193	-0,3864	208	-1,2032	223	0,8577	238	0,9630		
194	-1,5068	209	0,1509	224	0,8725	239	0,2435		
195	0,5649	210	0,5788	225	-0,1422	240	0,5725		

Lampiran 3: Hasil Perhitungan Harga Saham Selama Satu Periode untuk Penentuan Nilai Opsi Call

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
1	77,1862	37	84,2607	73	83,9942	109	80,9661	145	74,7579
2	78,9472	38	83,6395	74	82,8309	110	79,1455	146	74,6067
3	79,5942	39	84,6612	75	83,1236	111	80,2194	147	75,2243
4	77,5481	40	85,1609	76	84,6940	112	79,4530	148	76,7842
5	77,9415	41	85,7956	77	85,5563	113	78,7048	149	75,4243
6	77,3431	42	85,1051	78	83,4283	114	78,0432	150	74,1245
7	77,3231	43	85,5462	79	83,2736	115	77,7484	151	74,6787
8	78,4815	44	85,4384	80	83,6995	116	78,2719	152	74,0443
9	77,1585	45	84,9015	81	84,2157	117	79,3939	153	73,6247
10	77,6153	46	83,9613	82	84,1127	118	78,5790	154	73,5004
11	78,8918	47	83,9755	83	84,8006	119	76,6258	155	71,8752
12	79,5551	48	85,1045	84	84,3941	120	75,7729	156	72,2229
13	78,9392	49	83,3208	85	85,3811	121	76,1625	157	70,8996
14	79,6551	50	85,2149	86	84,9134	122	76,2360	158	70,9812
15	79,5032	51	85,3871	87	85,2690	123	76,4563	159	73,5737
16	80,4227	52	84,0009	88	85,5625	124	76,5503	160	74,5010
17	82,1235	53	84,9626	89	86,0859	125	73,9444	161	74,8297
18	81,9283	54	84,6290	90	86,1106	126	73,0788	162	75,1454
19	81,7948	55	85,2803	91	85,4330	127	73,2107	163	75,3335
20	81,7312	56	84,8251	92	83,4718	128	74,5429	164	75,8406
21	83,6023	57	83,4595	93	82,7651	129	73,7405	165	77,0288
22	83,3397	58	81,5695	94	84,0649	130	73,2275	166	76,3302
23	82,0627	59	81,2849	95	83,5695	131	72,5606	167	76,4624
24	81,2027	60	80,6946	96	83,4818	132	72,6885	168	74,5129
25	82,8274	61	82,7017	97	82,5472	133	71,6937	169	74,7305
26	84,3331	62	83,2458	98	81,5656	134	72,3575	170	75,8654
27	82,9927	63	83,9039	99	81,1213	135	73,0784	171	75,7907
28	84,1330	64	82,9165	100	80,7414	136	73,9081	172	76,1700
29	84,0906	65	83,9236	101	80,2431	137	73,4919	173	74,9952
30	83,0086	66	85,6263	102	79,8866	138	73,1995	174	74,9887
31	82,8816	67	85,1196	103	79,8789	139	73,0680	175	75,0731
32	83,0126	68	84,1791	104	79,2255	140	73,5897	176	75,1636
33	83,8129	69	85,7545	105	80,5700	141	73,5300	177	73,7874
34	85,2732	70	85,9185	106	79,6712	142	75,2343	178	72,8064
35	85,8492	71	85,8631	107	80,0480	143	74,5076	179	74,5579
36	84,6123	72	84,4520	108	80,1781	144	74,1196	180	74,7608

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
181	74,0036	196	76,3917	211	78,4640	226	79,4836	241	84,1102
182	73,4631	197	76,3666	212	76,3729	227	79,9554	242	84,2288
183	73,5231	198	77,6391	213	75,4234	228	79,5887	243	84,3882
184	73,7584	199	78,0819	214	75,5899	229	79,8612	244	83,9699
185	73,5354	200	79,8976	215	76,4218	230	80,4841	245	83,6569
186	74,3640	201	79,0822	216	76,0360	231	81,4444	246	84,9620
187	74,4934	202	79,7786	217	76,3939	232	80,0318	247	84,1386
188	74,3506	203	79,4575	218	76,7497	233	79,8871	248	84,3955
189	75,4152	204	78,6405	219	76,1400	234	79,3089	249	85,2511
190	74,9020	205	78,7546	220	76,3826	235	80,8446	250	84,9757
191	75,1250	206	79,7137	221	76,6798	236	81,0457	251	86,3110
192	76,8591	207	80,3136	222	77,1008	237	81,5719	252	86,2817
193	76,5172	208	79,1785	223	77,9093	238	82,5313		
194	75,1621	209	79,3348	224	78,7402	239	82,7860		
195	75,6846	210	79,8996	225	78,6194	240	83,3691		

Lampiran 4: Hasil Pembangkitan Bilangan Random Berdistribusi Normal Baku untuk Penentuan Nilai Opsi Put

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
1	1,0905	37	0,5228	73	-2,3862	109	-0,9284	145	0,1423
2	-0,5695	38	-0,1689	74	1,3366	110	0,7295	146	1,2680
3	0,1683	39	-0,5886	75	-0,7552	111	1,1264	147	-0,7777
4	-1,0342	40	-1,7490	76	1,8325	112	-0,5523	148	-0,9174
5	0,9302	41	0,7988	77	0,2697	113	1,6194	149	0,1868
6	0,7013	42	-0,1799	78	-0,0568	114	-0,2759	150	-0,2513
7	1,1122	43	-0,6832	79	-0,1452	115	0,7228	151	0,2708
8	1,1902	44	1,0529	80	0,0911	116	-2,1277	152	1,2044
9	-1,4816	45	0,6928	81	-2,1704	117	0,1645	153	-0,5087
10	0,4337	46	0,4054	82	-0,2757	118	0,0584	154	-0,4443
11	-0,7466	47	0,0143	83	0,0437	119	-0,3138	155	2,5622
12	-0,4117	48	-0,3964	84	-0,9695	120	1,8245	156	-0,8433
13	-0,6476	49	-0,1078	85	-1,1481	121	-0,8760	157	-0,3366
14	-0,9396	50	-0,2266	86	-0,3752	122	0,9406	158	-0,2710
15	0,8691	51	0,1013	87	-0,7875	123	-0,7191	159	1,1819
16	0,2100	52	-1,0364	88	-0,2507	124	-0,6793	160	0,4129
17	-1,3670	53	-0,4588	89	-0,7905	125	-0,6205	161	1,5604
18	-1,4786	54	0,6453	90	-0,2096	126	1,1622	162	0,2743
19	0,7897	55	0,4742	91	-0,0159	127	1,0365	163	1,9356
20	1,2970	56	-0,3376	92	0,2427	128	-0,9122	164	0,2005
21	1,4425	57	-1,2457	93	1,4750	129	-0,5578	165	-0,3769
22	-0,9462	58	-0,2861	94	-0,5918	130	-1,2098	166	-0,2553
23	1,9437	59	0,3396	95	-0,8020	131	-0,7611	167	-0,6004
24	-0,5683	60	-1,8883	96	0,0943	132	0,9659	168	1,5177
25	-0,4460	61	0,3892	97	-0,1995	133	0,2447	169	1,1394
26	0,8968	62	-0,1559	98	-0,2593	134	-0,5130	170	-3,3745
27	-0,2538	63	0,6215	99	1,1059	135	1,7702	171	-0,3025
28	-0,8508	64	1,6649	100	1,4454	136	-0,3419	172	0,3049
29	-1,6010	65	0,9330	101	-0,6703	137	0,8761	173	-0,4254
30	-0,5719	66	-0,0164	102	0,7910	138	0,0175	174	0,3113
31	0,2773	67	0,2749	103	-0,4279	139	0,4964	175	1,9756
32	0,1865	68	-1,4462	104	-0,3889	140	0,6913	176	-0,3648
33	1,7523	69	0,3347	105	0,2930	141	-0,2280	177	-0,3915
34	0,1353	70	1,0912	106	1,4882	142	-0,0089	178	0,3981
35	-0,5256	71	-2,0835	107	0,8237	143	0,6125	179	-1,0476
36	0,2133	72	-0,4231	108	1,6089	144	-0,6378	180	1,2782

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
181	-1,2666	196	-1,1499	211	0,8302	226	1,1019	241	-0,7241
182	-0,6477	197	-1,3890	212	-0,0998	227	-0,0598	242	-1,1042
183	0,5213	198	-1,2087	213	-0,5299	228	0,4500	243	-0,0002
184	0,5006	199	-0,4244	214	0,2675	229	1,1194	244	-1,3521
185	-0,8079	200	-1,1531	215	0,5168	230	-0,3586	245	-0,7248
186	-1,1784	201	1,1629	216	-0,8665	231	0,5985	246	-0,7436
187	1,3540	202	0,8971	217	0,2002	232	-0,5286	247	1,0951
188	-0,1723	203	-0,0416	218	-0,7774	233	-0,1527	248	-0,5960
189	-0,2045	204	-0,2267	219	-3,5374	234	-0,0082	249	0,3003
190	-0,4614	205	-0,7403	220	-1,1058	235	1,1981	250	0,7601
191	-0,5215	206	-0,1870	221	0,2235	236	-0,3405	251	-0,6168
192	-1,4915	207	-0,7291	222	1,4967	237	1,4686	252	1,6952
193	2,1397	208	-0,6711	223	1,0942	238	-0,5124		
194	1,9797	209	-1,0417	224	1,4634	239	-0,4632		
195	-0,1231	210	2,9117	225	0,1483	240	-1,4557		

Lampiran 5: Hasil Perhitungan Harga Saham Selama Satu Periode untuk Penentuan Nilai Opsi Put

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
1	77,5787	37	78,6377	73	73,6017	109	74,6878	145	78,6955
2	77,0646	38	78,4920	74	74,8011	110	75,3553	146	79,9121
3	77,2328	39	77,9540	75	74,1403	111	76,3908	147	79,1849
4	76,2954	40	76,3518	76	75,7971	112	75,9002	148	78,3333
5	77,1624	41	77,0982	77	76,0548	113	77,3986	149	78,5217
6	77,8258	42	76,9451	78	76,0158	114	77,1562	150	78,2989
7	78,8818	43	76,3312	79	75,8964	115	77,8395	151	78,5662
8	80,0269	44	77,3121	80	75,9919	116	75,8949	152	79,7202
9	78,6333	45	77,9688	81	74,0556	117	76,0571	153	79,2495
10	79,0557	46	78,3611	82	73,8238	118	76,1230	154	78,8424
11	78,3654	47	78,3875	83	73,8748	119	75,8502	155	81,3112
12	77,9932	48	78,0295	84	73,0347	120	77,5377	156	80,5080
13	77,4038	49	77,9419	85	72,0499	121	76,7417	157	80,1976
14	76,5510	50	77,7437	86	71,7390	122	77,6234	158	79,9512
15	77,3643	51	77,8510	87	71,0779	123	76,9711	159	81,1037
16	77,5720	52	76,9041	88	70,8767	124	76,3605	160	81,5191
17	76,3258	53	76,4957	89	70,2210	125	75,8082	161	83,0697
18	74,9994	54	77,1016	90	70,0567	126	76,8828	162	83,3568
19	75,7242	55	77,5534	91	70,0550	127	77,8556	163	85,3247
20	76,9217	56	77,2535	92	70,2705	128	77,0229	164	85,5439
21	78,2744	57	76,1229	93	71,5340	129	76,5232	165	85,1731
22	77,4058	58	75,8754	94	71,0410	130	75,4356	166	84,9274
23	79,2408	59	76,1971	95	70,3740	131	74,7640	167	84,3333
24	78,7168	60	74,5067	96	70,4652	132	75,6459	168	85,8935
25	78,3108	61	74,8670	97	70,3088	133	75,8804	169	87,0873
26	79,1690	62	74,7398	98	70,1026	134	75,4285	170	83,6540
27	78,9420	63	75,3104	99	71,0485	135	77,0566	171	83,3656
28	78,1553	64	76,8389	100	72,3004	136	76,7546	172	83,6843
29	76,6847	65	77,7147	101	71,7346	137	77,5766	173	83,2731
30	76,1743	66	77,7124	102	72,4290	138	77,6058	174	83,5979
31	76,4403	67	77,9815	103	72,0709	139	78,0812	175	85,6124
32	76,6239	68	76,6561	104	71,7482	140	78,7430	176	85,2536
33	78,2609	69	76,9766	105	72,0122	141	78,5415	177	84,8692
34	78,4008	70	78,0016	106	73,3186	142	78,5461	178	85,2887
35	77,9221	71	76,0932	107	74,0573	143	79,1372	179	84,2400
36	78,1342	72	75,7214	108	75,5098	144	78,5485	180	85,5530

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
181	84,2798	196	84,2250	211	82,4278	226	82,2349	241	82,6685
182	83,6429	197	82,8502	212	82,3431	227	82,1897	242	81,5967
183	84,1804	198	81,6738	213	81,8361	228	82,6474	243	81,6101
184	84,7004	199	81,2736	214	82,1123	229	83,7761	244	80,3134
185	83,8993	200	80,1729	215	82,6355	230	83,4312	245	79,6329
186	82,7380	201	81,3102	216	81,7966	231	84,0449	246	78,9404
187	84,1038	202	82,2016	217	82,0065	232	83,5287	247	79,9953
188	83,9445	203	82,1744	218	81,2605	233	83,3901	248	79,4399
189	83,7532	204	81,9654	219	77,9048	234	83,3958	249	79,7392
190	83,3059	205	81,2559	220	76,8933	235	84,6144	250	80,4813
191	82,8013	206	81,0877	221	77,1121	236	84,2843	251	79,9026
192	81,3498	207	80,3965	222	78,5190	237	85,7932	252	81,5540
193	83,4740	208	79,7666	223	79,5673	238	85,2828		
194	85,4897	209	78,7914	224	80,9866	239	84,8254		
195	85,3781	210	81,5992	225	81,1440	240	83,3742		

Lampiran 6: Hasil Invers Bilangan Random Berdistribusi Normal Baku untuk Penentuan Nilai Opsi Call

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
1	-0,6666	37	0,3618	73	0,4680	109	-0,8032	145	-0,7025
2	-1,8709	38	0,6321	74	1,1792	110	1,9140	146	0,1831
3	-0,6680	39	-1,0005	75	-0,2809	111	-1,1121	147	-0,6748
4	2,1898	40	-0,4778	76	-1,5497	112	0,8159	148	-1,7009
5	-0,4089	41	-0,6064	77	-0,8325	113	0,8045	149	1,5069
6	0,6579	42	0,6890	78	2,1183	114	0,7191	150	1,4662
7	0,0355	43	-0,4180	79	0,1689	115	0,3302	151	-0,6085
8	-1,2285	44	0,1193	80	-0,4123	116	-0,5468	152	0,7268
9	1,4343	45	0,5406	81	-0,4998	117	-1,1752	153	0,4887
10	-0,4792	46	0,9442	82	0,1162	118	0,8758	154	0,1551
11	-1,3490	47	-0,0002	83	-0,6666	119	2,1170	155	1,8821
12	-0,6856	48	-1,1019	84	0,4154	120	0,9491	156	-0,3893
13	0,6633	49	1,7836	85	-0,9576	121	-0,4146	157	1,5589
14	-0,7404	50	-1,8641	86	0,4729	122	-0,0667	158	-0,0822
15	0,1734	51	-0,1548	87	-0,3353	123	-0,2272	159	-2,9833
16	-0,9469	52	1,3815	88	-0,2732	124	-0,0887	160	-1,0325
17	-1,7346	53	-0,9372	89	-0,4956	125	2,9076	161	-0,3539
18	0,2128	54	0,3426	90	-0,0101	126	0,9977	162	-0,3378
19	0,1502	55	-0,6267	91	0,6740	127	-0,1367	163	-0,1950
20	0,0788	56	0,4611	92	1,9542	128	-1,4928	164	-0,5466
21	-1,8773	57	1,3700	93	0,7243	129	0,9182	165	-1,2849
22	0,2768	58	1,9277	94	-1,2880	130	0,5971	166	0,7751
23	1,3041	59	0,3059	95	0,5077	131	0,7784	167	-0,1307
24	0,8941	60	0,6229	96	0,1016	132	-0,1333	168	2,1718
25	-1,6412	61	-2,0388	97	0,9545	133	1,1653	169	-0,2298
26	-1,4913	62	-0,5340	98	1,0134	134	-0,7561	170	-1,2453
27	1,3525	63	-0,6440	99	0,4702	135	-0,8144	171	0,0962
28	-1,1263	64	1,0031	100	0,4061	136	-0,9293	172	-0,4032
29	0,0560	65	-0,9949	101	0,5311	137	0,4858	173	1,3126
30	1,0960	66	-1,6642	102	0,3859	138	0,3469	174	0,0211
31	0,1418	67	0,5098	103	0,0220	139	0,1641	175	-0,0801
32	-0,1180	68	0,9423	104	0,7001	140	-0,5805	176	-0,0867
33	-0,7877	69	-1,5353	105	-1,3921	141	0,0817	177	1,5579
34	-1,4293	70	-0,1457	106	0,9512	142	-1,9006	178	1,1322
35	-0,5486	71	0,0678	107	-0,3803	143	0,8249	179	-1,9723
36	1,2265	72	1,3984	108	-0,1217	144	0,4501	180	-0,2131

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
181	0,8644	196	-0,7630	211	1,5287	226	-0,8995	241	-0,7255
182	0,6264	197	0,0413	212	2,2707	227	-0,4805	242	-0,1038
183	-0,0543	198	-1,3668	213	1,0591	228	0,3980	243	-0,1440
184	-0,2531	199	-0,4613	214	-0,1703	229	-0,2718	244	0,4291
185	0,2670	200	-1,9067	215	-0,9006	230	-0,6352	245	0,3258
186	-0,9223	201	0,8710	216	0,4367	231	-0,9771	246	-1,2794
187	-0,1313	202	-0,7186	217	-0,3784	232	1,4758	247	0,8276
188	0,1742	203	0,3509	218	-0,3743	233	0,1651	248	-0,2409
189	-1,1739	204	0,8775	219	0,6804	234	0,6208	249	-0,8288
190	0,5844	205	-0,1072	220	-0,2520	235	-1,5884	250	0,2842
191	-0,2344	206	-0,9975	221	-0,3105	236	-0,1937	251	-1,2887
192	-1,8928	207	-0,6125	222	-0,4435	237	-0,5268	252	0,0422
193	0,3864	208	1,2032	223	-0,8577	238	-0,9630		
194	1,5068	209	-0,1509	224	-0,8725	239	-0,2435		
195	-0,5649	210	-0,5788	225	0,1422	240	-0,5725		

**Lampiran 7: Hasil Hasil Perhitungan Harga Saham Selama Satu Periode
untuk Penentuan Nilai Opsi Call Monte Carlo Antithetic Variate**

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
1	75,9642	37	70,4253	73	71,5006	109	75,0691	145	82,2834
2	74,2944	38	70,9719	74	72,5290	110	76,8215	146	82,4777
3	73,7151	39	70,1388	75	72,2976	111	75,8184	147	81,8278
4	75,6852	40	69,7505	76	70,9807	112	76,5751	148	80,1921
5	75,3282	41	69,2575	77	70,2887	113	77,3289	149	81,6652
6	75,9363	42	69,8427	78	72,1056	114	78,0103	150	83,1249
7	75,9813	43	69,5057	79	72,2635	115	78,3323	151	82,5354
8	74,8847	44	69,6166	80	71,9198	116	77,8342	152	83,2703
9	76,1941	45	70,0802	81	71,5027	117	76,7599	153	83,7728
10	75,7709	46	70,8885	82	71,6142	118	77,5817	154	83,9424
11	74,5697	47	70,9002	83	71,0569	119	79,5858	155	85,8691
12	73,9726	48	69,9829	84	71,4229	120	80,5084	156	85,4841
13	74,5746	49	71,5048	85	70,6207	121	80,1232	157	87,1086
14	73,9290	50	69,9388	86	71,0334	122	80,0726	158	87,0374
15	74,0949	51	69,8209	87	70,7607	123	79,8685	159	83,9984
16	73,2721	52	70,9968	88	70,5415	124	79,7970	160	82,9806
17	71,7785	53	70,2166	89	70,1360	125	82,6367	161	82,6436
18	71,9735	54	70,5168	90	70,1392	126	83,6433	162	82,3238
19	72,1150	55	70,0015	91	70,7190	127	83,5204	163	82,1456
20	72,1951	56	70,4006	92	72,4046	128	82,0551	164	81,6235
21	70,6028	57	71,5764	93	73,0472	129	82,9756	165	80,3912
22	70,8488	58	73,2592	94	71,9417	130	83,5846	166	81,1540
23	71,9753	59	73,5402	95	72,3923	131	84,3810	167	81,0407
24	72,7618	60	74,1028	96	72,4925	132	84,2605	168	83,1887
25	71,3584	61	72,3285	97	73,3376	133	85,4582	169	82,9740
26	70,1076	62	71,8797	98	74,2450	134	84,7024	170	81,7600
27	71,2636	63	71,3396	99	74,6764	135	83,8947	171	81,8678
28	70,3211	64	72,2133	100	75,0528	136	82,9806	172	81,4873
29	70,3800	65	71,3704	101	75,5440	137	83,4783	173	82,7914
30	71,3212	66	69,9745	102	75,9064	138	83,8396	174	82,8261
31	71,4542	67	70,4145	103	75,9390	139	84,0185	175	82,7605
32	71,3653	68	71,2249	104	76,5908	140	83,4507	176	82,6884
33	70,7074	69	69,9397	105	75,3378	141	83,5462	177	84,2587
34	69,5196	70	69,8295	106	76,2131	142	81,6808	178	85,4224
35	69,0762	71	69,8978	107	75,8796	143	82,5050	179	83,4435
36	70,1093	72	71,0894	108	75,7817	144	82,9644	180	83,2447

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
181	84,1245	196	81,9026	211	80,1387	226	79,5068	241	75,5096
182	84,7716	197	81,9568	212	82,3603	227	79,0640	242	75,4283
183	84,7307	198	80,6404	213	83,4249	228	79,4547	243	75,3110
184	84,4884	199	80,2098	214	83,2689	229	79,2099	244	75,7114
185	84,7729	200	78,4131	215	82,3899	230	78,6231	245	76,0198
186	83,8562	201	79,2480	216	82,8355	231	77,7219	246	74,8771
187	83,7385	202	78,5824	217	82,4749	232	79,1201	247	75,6351
188	83,9273	203	78,9262	218	82,1198	233	79,2898	248	75,4299
189	82,7700	204	79,7728	219	82,8051	234	79,8944	249	74,6978
190	83,3649	205	79,6837	220	82,5695	235	78,4029	250	74,9647
191	83,1451	206	78,7512	221	82,2769	236	78,2344	251	73,8296
192	81,2962	207	78,1889	222	81,8549	237	77,7556	252	73,8792
193	81,6866	208	79,3363	223	81,0324	238	76,8773		
194	83,1870	209	79,2064	224	80,2040	239	76,6663		
195	82,6403	210	78,6727	225	80,3540	240	76,1555		

Lampiran 8: Hasil Invers Bilangan Random Berdistribusi Normal Baku untuk Penentuan Nilai Opsi Put

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
1	-1,0905	37	-0,5228	73	2,3862	109	0,9284	145	-0,1423
2	0,5695	38	0,1689	74	-1,3366	110	-0,7295	146	-1,2680
3	-0,1683	39	0,5886	75	0,7552	111	-1,1264	147	0,7777
4	1,0342	40	1,7490	76	-1,8325	112	0,5523	148	0,9174
5	-0,9302	41	-0,7988	77	-0,2697	113	-1,6194	149	-0,1868
6	-0,7013	42	0,1799	78	0,0568	114	0,2759	150	0,2513
7	-1,1122	43	0,6832	79	0,1452	115	-0,7228	151	-0,2708
8	-1,1902	44	-1,0529	80	-0,0911	116	2,1277	152	-1,2044
9	1,4816	45	-0,6928	81	2,1704	117	-0,1645	153	0,5087
10	-0,4337	46	-0,4054	82	0,2757	118	-0,0584	154	0,4443
11	0,7466	47	-0,0143	83	-0,0437	119	0,3138	155	-2,5622
12	0,4117	48	0,3964	84	0,9695	120	-1,8245	156	0,8433
13	0,6476	49	0,1078	85	1,1481	121	0,8760	157	0,3366
14	0,9396	50	0,2266	86	0,3752	122	-0,9406	158	0,2710
15	-0,8691	51	-0,1013	87	0,7875	123	0,7191	159	-1,1819
16	-0,2100	52	1,0364	88	0,2507	124	0,6793	160	-0,4129
17	1,3670	53	0,4588	89	0,7905	125	0,6205	161	-1,5604
18	1,4786	54	-0,6453	90	0,2096	126	-1,1622	162	-0,2743
19	-0,7897	55	-0,4742	91	0,0159	127	-1,0365	163	-1,9356
20	-1,2970	56	0,3376	92	-0,2427	128	0,9122	164	-0,2005
21	-1,4425	57	1,2457	93	-1,4750	129	0,5578	165	0,3769
22	0,9462	58	0,2861	94	0,5918	130	1,2098	166	0,2553
23	-1,9437	59	-0,3396	95	0,8020	131	0,7611	167	0,6004
24	0,5683	60	1,8883	96	-0,0943	132	-0,9659	168	-1,5177
25	0,4460	61	-0,3892	97	0,1995	133	-0,2447	169	-1,1394
26	-0,8968	62	0,1559	98	0,2593	134	0,5130	170	3,3745
27	0,2538	63	-0,6215	99	-1,1059	135	-1,7702	171	0,3025
28	0,8508	64	-1,6649	100	-1,4454	136	0,3419	172	-0,3049
29	1,6010	65	-0,9330	101	0,6703	137	-0,8761	173	0,4254
30	0,5719	66	0,0164	102	-0,7910	138	-0,0175	174	-0,3113
31	-0,2773	67	-0,2749	103	0,4279	139	-0,4964	175	-1,9756
32	-0,1865	68	1,4462	104	0,3889	140	-0,6913	176	0,3648
33	-1,7523	69	-0,3347	105	-0,2930	141	0,2280	177	0,3915
34	-0,1353	70	-1,0912	106	-1,4882	142	0,0089	178	-0,3981
35	0,5256	71	2,0835	107	-0,8237	143	-0,6125	179	1,0476
36	-0,2133	72	0,4231	108	-1,6089	144	0,6378	180	-1,2782

No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random	No.	Bilangan Random
181	1,2666	196	1,1499	211	-0,8302	226	-1,1019	241	0,7241
182	0,6477	197	1,3890	212	0,0998	227	0,0598	242	1,1042
183	-0,5213	198	1,2087	213	0,5299	228	-0,4500	243	0,0002
184	-0,5006	199	0,4244	214	-0,2675	229	-1,1194	244	1,3521
185	0,8079	200	1,1531	215	-0,5168	230	0,3586	245	0,7248
186	1,1784	201	-1,1629	216	0,8665	231	-0,5985	246	0,7436
187	-1,3540	202	-0,8971	217	-0,2002	232	0,5286	247	-1,0951
188	0,1723	203	0,0416	218	0,7774	233	0,1527	248	0,5960
189	0,2045	204	0,2267	219	3,5374	234	0,0082	249	-0,3003
190	0,4614	205	0,7403	220	1,1058	235	-1,1981	250	-0,7601
191	0,5215	206	0,1870	221	-0,2235	236	0,3405	251	0,6168
192	1,4915	207	0,7291	222	-1,4967	237	-1,4686	252	-1,6952
193	-2,1397	208	0,6711	223	-1,0942	238	0,5124		
194	-1,9797	209	1,0417	224	-1,4634	239	0,4632		
195	0,1231	210	-2,9117	225	-0,1483	240	1,4557		

**Lampiran 9: Hasil Hasil Perhitungan Harga Saham Selama Satu Periode
untuk Penentuan Nilai Opsi Put Monte Carlo Antithetic Variate**

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
1	75,5798	37	75,4610	73	81,5964	109	81,3794	145	78,1664
2	76,1094	38	75,6263	74	80,3148	110	80,6854	146	77,0019
3	75,9689	39	76,1736	75	81,0576	111	79,6182	147	77,7350
4	76,9279	40	77,7980	76	79,3123	112	80,1596	148	78,6063
5	76,0888	41	77,0705	77	79,0698	113	78,6339	149	78,4438
6	75,4654	42	77,2495	78	79,1367	114	78,9072	150	78,6931
7	74,4799	43	77,8967	79	79,2876	115	78,2406	151	78,4515
8	73,4387	44	76,9340	80	79,2144	116	80,2720	152	77,3416
9	74,7650	45	76,3114	81	81,3127	117	80,1275	153	77,8269
10	74,3904	46	75,9547	82	81,5950	118	80,0848	154	78,2549
11	75,0706	47	75,9543	83	81,5659	119	80,3996	155	75,9041
12	75,4540	48	76,3283	84	82,5316	120	78,6760	156	76,6869
13	76,0538	49	76,4396	85	83,6875	121	79,5185	157	77,0093
14	76,9268	50	76,6599	86	84,0782	122	78,6414	158	77,2724
15	76,1434	51	76,5797	87	84,8885	123	79,3343	159	76,1997
16	75,9648	52	77,5485	88	85,1578	124	79,9953	160	75,8367
17	77,2308	53	77,9885	89	85,9816	125	80,6050	161	74,4459
18	78,6228	54	77,4013	90	86,2120	126	79,5047	162	74,2142
19	77,8962	55	76,9760	91	86,2427	127	78,5376	163	72,5267
20	76,7091	56	77,3006	92	86,0068	128	79,4130	164	72,3649
21	75,4086	57	78,4748	93	84,5159	129	79,9583	165	72,7042
22	76,2801	58	78,7570	94	85,1308	130	81,1380	166	72,9388
23	74,5385	59	78,4507	95	85,9662	131	81,8941	167	73,4771
24	75,0597	60	80,2572	96	85,8836	132	80,9664	168	72,1664
25	75,4740	61	79,8976	97	86,1032	133	80,7430	169	71,2008
26	74,6807	62	80,0602	98	86,3853	134	81,2538	170	74,1477
27	74,9203	63	79,4801	99	85,2636	135	79,5636	171	74,4290
28	75,6997	64	77,9250	100	83,8152	136	79,9032	172	74,1703
29	77,1771	65	77,0724	101	84,5044	137	79,0829	173	74,5613
30	77,7201	66	77,1004	102	83,7221	138	79,0794	174	74,2964
31	77,4754	67	76,8599	103	84,1660	139	78,6241	175	72,5723
32	77,3155	68	78,2149	104	84,5728	140	77,9893	176	72,9020
33	75,7235	69	77,9152	105	84,2907	141	78,2154	177	73,2566
34	75,6135	70	76,9169	106	82,8164	142	78,2368	178	72,9205
35	76,1034	71	78,8722	107	82,0176	143	77,6783	179	73,8529
36	75,9221	72	79,2858	108	80,4668	144	78,2866	180	72,7437

t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t	t	S_t
181	73,8672	196	74,2853	211	76,2850	226	76,8467	241	76,8264
182	74,4544	197	75,5431	212	76,3889	227	76,9146	242	77,8615
183	74,0036	198	76,6567	213	76,8877	228	76,5142	243	77,8746
184	73,5738	199	77,0599	214	76,6547	229	75,5084	244	79,1583
185	74,3011	200	78,1438	215	76,1947	230	75,8459	245	79,8613
186	75,3690	201	77,0765	216	77,0018	231	75,3170	246	80,5887
187	74,1698	202	76,2660	217	76,8303	232	75,8077	247	79,5525
188	74,3353	203	76,3167	218	77,5614	233	75,9590	248	80,1354
189	74,5299	204	76,5368	219	80,9292	234	75,9791	249	79,8611
190	74,9550	205	77,2308	220	82,0211	235	74,9098	250	79,1511
191	75,4369	206	77,4168	221	81,8156	236	75,2283	251	79,7509
192	76,8085	207	78,1083	222	80,3764	237	73,9298	252	78,1621
193	74,8788	208	78,7513	223	79,3439	238	74,3970		
194	73,1377	209	79,7526	224	77,9793	239	74,8231		
195	73,2577	210	77,0340	225	77,8539	240	76,1508		

RIWAYAT HIDUP



Nur Cholis Santiya Dewi lahir di Kabupaten Malang pada tanggal 28 November 1997 yang merupakan anak keempat dari Bapak Moch Hasan dan Ibu Syamsiyati. Pendidikan pertamanya ditempuh di Taman Kanak-kanak (TK) Muslimat NU 01 Bululawang dan lulus pada tahun 2004. Lalu dia menempuh pendidikan dasar di Sekolah Dasar Negeri (SDN) Wandanpuro 03 dan lulus pada tahun 2010. Setelah itu dia melanjutkan pendidikan menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Bululawang dan lulus pada tahun 2013. Kemudian dia melanjutkan pendidikan menengah atas di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 3 Malang (Sekarang MAN 2 Kota Malang) dan lulus pada tahun 2016. Selanjutnya pada tahun 2016 dia melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang dengan mengambil Jurusan Matematika. Selama menjadi mahasiswa dia aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Matematika, Mathematics English Club (MEC), dan mengikuti Riset Kompetitif Mahasiswa (RKM) pada tahun 2019.



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MAILK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang
Telp./Fax.(0341)558933**

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Nur Cholis Santiya Dewi
NIM : 16610037
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Metode *Monte Carlo Antithetic Variate* Dalam Penentuan Nilai Opsi *Double Barrier*
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si
Pembimbing II : Evawati Alisah. M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	3 Oktober 2019	Setor dan Konsultasi Judul	1.
2.	21 Oktober 2019	ACC Judul dan Konsultasi BAB I	2.
3.	7 November 2019	Konsultasi BAB I	3.
4.	5 Desember 2019	Revisi BAB I dan Setor BAB II	4.
5.	6 Januari 2020	Revisi Bab II	5.
6.	7 Januari 2020	Konsultasi Keagamaan	6.
7.	13 Januari 2020	Konsultasi Program	7.
8.	29 Januari 2020	Setor Bab III	8.
9.	4 Februari 2020	Revisi Keagamaan Bab I dan II	9.
10.	5 Februari 2020	Revisi Bab III	10.
11.	9 Februari 2020	ACC Kajian Keagamaan Bab I dan II	11.
12.	9 Februari 2020	ACC BAB I, II, dan III	12.
13.	19 Maret 2020	Setor Bab 3 dan 4	13.
14.	22 Maret 2020	Revisi Bab 3 dan 4	14.
15.	23 Maret 2020	Revisi Bab 3 dan 4	15.
16.	4 April 2020	Konsultasi dan Revisi BAB IV	16.
17.	11 April 2020	Revisi Bab 4	17.
18.	13 April 2020	Revisi Kajian keagamaan	18.
19.	14 April 2020	Revisi Kajian Keagamaan	19.
20.	15 April 2020	Revisi Bab 4	20.
21.	18 April 2020	Revisi Bab 4	21.

22.	20 April 2020	Acc Bab 4, Setor Bab 5, dan Abstrak	22. 
23.	22 April 2020	ACC Kajian Keagamaan	23. 
24.	23 April 2020	ACC BAB I, II, III, dan IV	24. 
25.	5 Mei 2020	Turnitin	25. 
26.	8 Mei 2020	Revisi Bab 4 dan Bab 5 (Latihan Sidang)	26. 
27.	16 Mei 2020	Bimbingan Revisi Semua Bab Pasca Skripsi	27. 
28.	19 Mei 2020	Bimbingan Agama	28. 

Malang, 20 Mei 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika


Dr. Usman Pagalay, M.Si.
NIP. 1965414 200312 1 001