

**PERHITUNGAN HARGA *AMERICAN OPTION*
MENGUNAKAN METODE *MONTÉ CARLO***

SKRIPSI

**OLEH:
AHSANU AMALA PRASETYO
NIM. 210601110030**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2025**

**PERHITUNGAN HARGA *AMERICAN OPTION*
MENGGUNAKAN METODE *MONTÉ CARLO***

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
Ahsanu Amala Prasetyo
NIM. 210601110030**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2025**

PERHITUNGAN HARGA *AMERICAN OPTION* MENGUNAKAN METODE *MONTÉ CARLO*

SKRIPSI

Oleh
Ahsanu Amala Prasetyo
NIM. 210601110030

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji
Malang, 20 Mei 2025

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

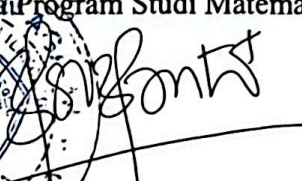


Abdul Aziz, M.Si.
NIP. 19760318 200604 1 002



Juhari, M.Si.
NIPPPK 19840209 202321 1 010

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Ely Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

PERHITUNGAN HARGA *AMERICAN OPTION* MENGUNAKAN METODE *MONTÉ CARLO*

SKRIPSI

Oleh:

Ahsanu Amala Prasetyo
NIM. 210601110030

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

Tanggal 17 Juni 2025

Ketua Penguji : Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si.

.....

Anggota Penguji 1 : Ria Dhea Layla Nur Karisma,
M.Si.

.....

Anggota Penguji 2 : Abdul Aziz, M.Si.

.....

Anggota Penguji 3 : Juhari, M.Si.

.....

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Delly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahsanu Amala Prasetyo
NIM : 210601110030
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Perhitungan Harga *American Option* Menggunakan
Metode *Monte Carlo*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pemikiran saya, 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, 17 Juni 2025



Ahsanu Amala Prasetyo

NIM.210601110030

MOTTO

“Bodoh itu tidak apa-apa, asal memiliki keinginan untuk belajar, ntah itu belajar dari experience, orang lain, kegagalan, atau buku. Yang bahaya itu kalau kamu merasa pintar dan kamu tidak mau belajar, karena di situ yang laku akan lost.

Kegagalan itu hanay milik orang yang mau struggle”

(Tirta Mandira Hudhi)

“Jangan hidup untuk disukai banyak orang, tapi hiduplah untuk bisa menolong banyak orang, walaupun akan ada yang tidak suka”

(Timothy Ronald)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan dengan sepenuh jiwa kepada Mama dan Papa tercinta, yang doanya senantiasa mengalir bagai aliran sungai yang tak pernah surut, menjadi pelita dalam gelap, penyemangat dalam langkah, dan sandaran dalam setiap kegundahan.

Serta kepada diri sendiri, yang telah memilih untuk terus melangkah, meski tertatih, meski digelayuti keraguan, namun tetap bertahan, hingga akhirnya mampu menjemput akhir dari sebuah perjuangan.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya, hingga penulis dapat menapaki setiap tahap dan akhirnya menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Perhitungan Harga *American Option* Menggunakan Metode *Monte Carlo*”, sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah limpah kepada junjungan alam, Nabi Muhammad SAW, sang pembawa cahaya dalam gulita, beserta keluarga, para sahabat, dan seluruh pengikut beliau hingga akhir zaman.

Skripsi ini dapat terwujud berkat iringan doa, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati dan rasa terima kasih yang mendalam, penulis menyampaikan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim dan selaku ketua penguji.
3. Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc., selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
4. Abdul Aziz, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar memberikan arahan, motivasi, serta ilmu yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi ini.
5. Juhari, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian memberikan masukan demi kesempurnaan, terutama dalam integrasi islam pada penyusunan skripsi ini.
6. Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si., selaku anggota penguji 1 yang memberikan saran-saran yang sangat bermanfaat bagi perkembangan penelitian ini.
7. Seluruh dosen, serta perangkat Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

8. Mama tercinta, Zulhainida, S.E., dan Papa tersayang, Prihatno Setyobekti, S.Com., yang selalu memberikan motivasi, doa, dan dukungan penuh secara materiil dan moril.
9. Rekan seperjuangan satu bimbingan peneliti yang telah banyak membantu peneliti dan saling menyemangati untuk berjuang bersama.
10. Seluruh mahasiswa Program Studi Matematika angkatan 2021, yang selalu memberi dukungan antar mahasiswa.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam berbagai bentuk hingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, penulis sangat terbuka terhadap segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun, sebagai bahan evaluasi dan perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini tidak hanya menjadi pemenuhan kewajiban akademik, tetapi juga dapat memberikan manfaat serta kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 17 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
مستخلص البحث	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Definisi Istilah	7
BAB II KAJIAN TEORI	9
2.1 Teori Pendukung	9
2.1.1 Saham	9
2.1.2 <i>Return</i> Saham	9
2.1.3 Volatilitas Harga Saham	10
2.1.4 Jatuh Tempo	11
2.1.5 Dividen	12
2.1.6 Opsi	12
2.1.7 Jenis-jenis Opsi	13
2.1.8 <i>American Option</i>	13
2.1.9 Proses Stokastik	14
2.1.10 Metode <i>Monte Carlo</i>	19
2.1.11 <i>Black-Scholes</i>	21
2.1.12 Distribusi Normal	26
2.1.13 Galat	27
2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Qur'an/Hadist	28
2.3 Kajian Penelitian dengan Teori Pendukung	29
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Data dan Sumber Data	32
3.3 Langkah-langkah Penelitian	32
3.4 Flowchart	34

BAB IV PEMBAHASAN.....	36
4.1 Deskriptif Data	36
4.1.1 Visualisasi Data.....	36
4.1.2 Parameter yang Dibutuhkan	38
4.2 Implementasi <i>Monte Carlo</i> pada Perhitungan harga	
<i>American option</i>	41
4.2.1 Membangkitkan Bilangan Acak.....	42
4.2.2 Simulasi Pergerakan Harga Saham	43
4.2.3 Menghitung Nilai <i>Payoff</i>	45
4.2.4 Menghitung Harga Opsi.....	45
4.3 Perbandingan Harga Opsi Menggunakan <i>Monte Carlo</i>	
Terhadap Metode <i>Black-Scholes</i>	46
4.3.1 Perhitungan Harga Opsi dengan Metode <i>Black-Scholes</i>	46
4.3.2 Perbandingan Harga Opsi <i>Monte Carlo</i> dan <i>Black-Scholes</i> ..	47
4.3.3 Perhitungan Galat (<i>Error</i>)	51
4.3.4 Kekonvergenan Harga Opsi terhadap <i>Black-Scholes</i>	54
4.4 Kajian Integrasi Penelitian dalam Islam.....	59
BAB V PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	66
RIWAYAT HIDUP	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi MAPE.....	28
Tabel 4.1 Parameter dalam Perhitungan Harga Opsi	41
Tabel 4.2 Urutan Bilangan Acak Z pada Simulasi.....	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan MAPE	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Flowchart	35
Gambar 4.1	Plot Pergerakan Harga Saham Penutupan MFST	37
Gambar 4.2	Pergerakan Harga Saham Metode <i>Monte Carlo</i>	44
Gambar 4.3	Perbandingan Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 1</i>	48
Gambar 4.4	Perbandingan Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 1</i>	48
Gambar 4.5	Perbandingan Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 126</i>	49
Gambar 4.6	Perbandingan Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 126</i>	49
Gambar 4.7	Perbandingan Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 252</i>	50
Gambar 4.8	Perbandingan Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 252</i>	50
Gambar 4.9	Konvergensi Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 1</i>	54
Gambar 4.10	Konvergensi Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 1</i>	55
Gambar 4.11	Konvergensi Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 126</i>	55
Gambar 4.12	Konvergensi Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 126</i>	55
Gambar 4.13	Konvergensi Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 252</i>	56
Gambar 4.14	Konvergensi Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 252</i>	56
Gambar 4.15	Plot Error Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 1</i>	57
Gambar 4.16	Plot Error Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 1</i>	57
Gambar 4.17	Plot Error Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 126</i>	57
Gambar 4.18	Plot Error Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 126</i>	58
Gambar 4.19	Plot Error Harga <i>Call</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 252</i>	58
Gambar 4.20	Plot Error Harga <i>Put</i> Opsi Terhadap <i>BS Day 252</i>	58

DAFTAR SIMBOL

R_t	: <i>Return</i> saham pada waktu ke t
S_t	: Harga saham pada waktu ke t
S_{t-1}	: Harga saham pada waktu sebelum ke t
V_{jM}	: <i>Payoff</i>
K	: Harga kesepakatan
μ	: Rata-rata
σ^2	: Varians
Δt	: Partisi
Z	: Bilangan acak berdistribusi normal
σ	: Standar deviasi
e^{-rT}	: Faktor diskon
V_C	: Harga opsi <i>Call</i>
V_P	: Harga opsi <i>Put</i>
M	: Banyak iterasi
T	: Jatuh tempo
P_C	: <i>Black-Scholes</i> untuk opsi <i>Call</i>
P_P	: <i>Black-Scholes</i> untuk opsi <i>Put</i>
S_0	: Harga saham awal
$N(d_1)$	: Fungsi distribusi normal baku kumulatif d_1
$N(d_2)$	: Fungsi distribusi normal baku kumulatif d_2

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Saham MFST	66
Lampiran 2. <i>OutPut</i> Perhitungan <i>Return</i> Saham MFST	71
Lampiran 3. Harga <i>American Option</i>	75
Lampiran 4. <i>Error</i> Harga <i>American Option</i>	78
Lampiran 5. <i>Script</i> Harga <i>American Option</i> Metode <i>Monte Carlo</i>	81

ABSTRAK

Prasetyo, Ahsanu Amala. 2025. **Perhitungan Harga *American Option* Menggunakan Metode *Monte Carlo***. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Abdul Aziz, M.Si. (II) Juhari, M.Si.

Kata Kunci: *American Option*, *Monte Carlo*, Harga Opsi, *Black-Scholes*.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung harga *American option* menggunakan metode *Monte Carlo* dan membandingkan tingkat akurasi terhadap metode *Black-Scholes*. *American option*, yang memberikan fleksibilitas eksekusi kapan saja hingga jatuh tempo, membutuhkan pendekatan perhitungan yang efisien dan akurat. Dalam studi ini, digunakan data historis saham Microsoft Corporation (MSFT) selama periode 1 November 2022 hingga 31 Oktober 2024. Simulasi *Monte Carlo* dilakukan sebanyak 1.000 hingga 10.000 iterasi untuk mensimulasikan pergerakan harga saham dan menghitung nilai opsi *Call* dan *Put*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Monte Carlo* mampu memberikan estimasi harga *American option* yang konvergen dan memiliki tingkat galat relatif rendah terhadap metode *Black-Scholes*, ditinjau melalui perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Pada *day* 1, harga opsi *Call* sebesar \$0 dengan MAPE 100% dan *Put* sebesar \$28,59618 dengan MAPE 49,1169%. Sedangkan, pada *day* 126, harga opsi *Call* sebesar \$16,58214 dengan MAPE 40,2354% dan *Put* sebesar \$45,29625 dengan MAPE 19,7092%. Namun, pada *day* 252, harga opsi *Call* sebesar \$28,51799 dengan MAPE 2,3549% dan *Put* sebesar \$56,40486 dengan MAPE 1,2658%. Dengan demikian, metode *Monte Carlo* semakin menambah partisi, maka keuntungan dan pembayaran opsi yang diperoleh akan semakin optimal.

ABSTRACT

Prasetyo, Ahsanu Amala. 2025. **Calculation of American Option Price Using Monte Carlo Method**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Abdul Aziz, M.Si. (II) Juhari, M.Si.

Keywords: American Option, Monte Carlo, Option Price, Black-Scholes.

This study aims to calculate the American option price using the Monte Carlo method and compare its accuracy to the Black-Scholes method. American option, which provides the flexibility of exercising at any time until maturity, requires an efficient and accurate calculation approach. In this study, historical data of Microsoft Corporation (MSFT) shares for the period November 1, 2022 to October 31, 2024 is used. Monte Carlo simulations were conducted for 1,000 to 10,000 iterations to simulate stock price movements and calculate the value of call and put options. The results show that the Monte Carlo method is able to provide a convergent estimate of the American option price and has a relatively low error rate compared to the Black-Scholes method, reviewed through the calculation of Mean Absolute Percentage Error (MAPE). On day 1, the call option price is \$0 with a MAPE of 100% and the put is \$28.59618 with a MAPE of 49.1169%. Meanwhile, on day 126, the call option price was \$16.58214 with a MAPE of 40.2354% and the put was \$45.29625 with a MAPE of 19.7092%. However, on day 252, the call option price was \$28.51799 with a MAPE of 2.3549% and the put was \$56.40486 with a MAPE of 1.2658%. Thus, the Monte Carlo method adds more partitions, the profit and option payout obtained will be more optimal.

مستخلص البحث

براسيتيو ، احسن عملا . ٢٠٢٥ . حساب سعر الخيار الأمريكي باستخدام طريقة مونت كارلو. البحث العلمي. برنامج دراسة الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (١) عبد العزيز ، الماجستير في العلوم. (٢) جوهري ، الماجستير في العلوم.

الكلمات الأساسية: الخيار الأمريكي ، مونت كارلو ، سعر الخيار ، بلاك سكولز.

هدفق هذه الدراسة إلى حساب سعر الخيار الأمريكي باستخدام طريقة مونت كارلو ومقارنتها بدقتها بطريقة بلاك شولز. تطلب الخيار الأمريكي ، الذي يوفر مرونة ممارسة الرياضة في أي وقت حتى النضج ، نهجا *Microsoft* حسابيا فعالا ودقيقا. في هذه الدراسة ، يتم استخدام البيانات التاريخية لأسهم *Corporation (MSFT)* . تم إجراء عمليات ٢٠٢٤ أكتوبر ٣١ إلى ٢٠٢٢ نوفمبر ١ للفترة من *Corporation (MSFT)* تكرار لمحاكاة تحركات أسعار الأسهم وحساب قيمة خيارات ١٠,٠٠٠ إلى ١,٠٠٠ محاكاة مونت كارلو من الشراء والبيع. أظهرت النتائج أن طريقة مونت كارلو قادرة على تقديم تقدير متقارب لسعر الخيار الأمريكي ولها معدل خطأ منخفض نسبيا مقارنة بطريقة بلاك شولز ، والتي تمت مراجعتها من خلال حساب متوسط *MAPE*). في اليوم الأول ، يكون سعر خيار الشراء 0 دولار مع *MAPE* النسبة المئوية المطلقة للخطأ (. وفي الوقت نفسه ، في ٤٩,١١٦٩ بنسبة *MAPE* دولارا مع ٢٨,٥٩٦١٨ والبيع هو ١٠٠ بنسبة *MAPE* . وكان البيع ٤٠,٢٣٥٤ بنسبة *MAPE* دولارا مع ١٦,٥٨٢١٤ ، كان سعر خيار الشراء ١٢٦ اليوم ، كان سعر خيار ٢٥٢ . ومع ذلك ، في اليوم ١٩,٧٠٩٢ بنسبة *MAPE* دولارا مع ٤٥,٢٩٦٢٥ دولارا مع ٥٦,٤٠٤٨٦ وكان البيع ٢,٣٥٤٩ بنسبة *MAPE* دولارا مع ٢٨,٥١٧٩٩ الشراء . وبالتالي ، تضيف طريقة مونت كارلو المزيد من الأقسام ، وسيكون الربح ١,٢٦٥٨ بنسبة *MAPE* والخيار الذي تم الحصول عليه أكثر مثالية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut (Partomuan, 2021) saham merupakan bukti kepemilikan modal yang dimiliki oleh individu atau badan dalam suatu perusahaan atau korporasi. Menurut (Anwar, 2021) mendeskripsikan saham sebagai bukti penyertaan modal yang dilakukan oleh investor individu, investor institusi, atau pedagang pada suatu usaha. Sementara itu, menurut (Linanda & Afriyenis, 2018) memandang saham sebagai dokumen kepemilikan modal yang mencantumkan nilai nominal, nama perusahaan, serta hak dan kewajiban setiap pemegangnya, dan dokumen tersebut dapat diperjualbelikan sebagai aset. Berdasarkan pandangan-pandangan tersebut, saham dapat dipahami sebagai bukti kepemilikan atau investasi yang mencantumkan nilai nominal, identitas perusahaan, serta hak dan kewajiban pemegangnya, dan merupakan aset yang dapat diperjualbelikan. Hal ini terdapat dalam hadist yang menjelaskan tentang jual beli, salah satu nya dalam investasi dan bisnis, sebagaimana yang tertulis di dalam Hadist Riwayat Tirmidzi.

حَدَّثَنَا أَحْمَدُ بْنُ مَنِيعٍ، حَدَّثَنَا إِسْمَاعِيلُ بْنُ إِبْرَاهِيمَ، حَدَّثَنَا أَيُّوبُ، حَدَّثَنَا عَمْرُو بْنُ شُعَيْبٍ، قَالَ حَدَّثَنِي أَبِي، عَنْ أَبِيهِ حَتَّى ذَكَرَ عَبْدَ اللَّهِ بْنُ عَمْرٍو أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: لَا يَبِيعُ سَلْفٌ وَلَا شَرْطَانٌ فِي بَيْعٍ وَلَا رِبْحٍ مَا لَمْ يَضْمَنْ وَلَا يَبِيعْ مَا لَيْسَ عِنْدَكَ

“Telah menceritakan kepada kami Ahmad bin Mani’ telah menceritakan kepada kami Isma’il bin Ibrahim telah menceritakan kepada kami Ayyub telah menceritakan kepada kami Amru bin Syu’aib ia berkata telah menceritakan kepada ayahku dari ayahnya hingga ia menyebut Abdullah bin Amru bahwa Rasulullah Saw bersabda, “Tidak halal menjual dan meminjam, tidak pula dua syarat dalam satu jual beli dan tidak halal laba terhadap barang yang tidak dapat dijamin (baik dan buruknya), serta tidak halal menjual apa yang tidak kamu miliki””.

Menurut (Nur Sholihat, 2021) dalam Islam, investasi dianggap sebagai aktivitas positif, seperti yang dipraktikkan oleh Nabi Muhammad (SAW) sejak usia muda hingga sebelum kenabiannya. Selain itu, investasi dapat menghasilkan keuntungan yang berlipat ganda, yang mengarah pada penciptaan bisnis dan peluang kerja, mengurangi dana menganggur, dan memastikan bahwa kekayaan bersirkulasi di luar orang-orang kaya. Namun, jika ada kegiatan yang dilarang diidentifikasi dalam proses investasi atau dengan objek investasi, investasi tersebut dianggap terlarang. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang berharga bagi para investor saham.

Menurut Luenberger dalam (Mooy, dkk., 2017) mendeskripsikan opsi sebagai suatu hak, tetapi bukan kewajiban, untuk membeli atau menjual suatu aset pada harga tertentu dalam jangka waktu tertentu. Pihak yang memperoleh hak ini dikenal sebagai pembeli atau pemegang opsi, sedangkan pihak yang menerbitkan opsi dan terikat oleh keputusan pembeli tentang kapan harus melaksanakannya disebut penulis opsi. Batas waktu dimana opsi dapat dieksekusi disebut sebagai tanggal kadaluarsa, dan harga aset yang disepakati antara penulis dan pembeli disebut sebagai harga kesepakatan atau harga pelaksanaan. Menurut (Djou, dkk., 2021) opsi adalah kontrak di mana satu pihak membayar pihak lain untuk “hak” (tanpa kewajiban apa pun) untuk membeli atau menjual aset. Contohnya, seseorang yang khawatir bahwa harga suatu barang akan turun sebelum ia menjualnya dapat membayar biaya kepada pihak lain (dikenal sebagai “penjual opsi jual”) yang setuju untuk membeli barang tersebut pada harga yang telah ditentukan (harga kesepakatan). Berdasarkan penjelasan tersebut, opsi dapat dipahami sebagai hak kontraktual yang disetujui oleh kedua belah pihak, yang melibatkan penjual opsi

(penulis) dan pembeli opsi. Ada beberapa tipe opsi yang menjadi acuan di berbagai negara, di antaranya yaitu: *European Option*, *Asian Option*, *American Option*, *Barrier Option*, *Bermudan Option*, dan *Binary option*.

American option adalah jenis opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk melaksanakan opsi tersebut kapan saja hingga dan termasuk pada tanggal jatuh tempo. Terdapat dua jenis dalam opsi ini, yaitu opsi beli dan opsi jual. Opsi beli memberikan hak kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah saham dari perusahaan tertentu dari penulis opsi pada harga yang telah disepakati pada tanggal tertentu. Sebaliknya, opsi jual memberikan hak kepada pemegangnya untuk menjual sejumlah saham perusahaan kepada penulis opsi dengan harga yang telah ditentukan pada tanggal tertentu (Agnis Sutarno, dkk., 2014). Dalam opsi ini, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menghitung harga opsi, yang juga dapat diterapkan pada jenis opsi lainnya.

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung harga opsi diantaranya binomial, trinomial, multinomial, dan *Monte Carlo*. Menurut Nasution dalam (Dewi & Sumijan, 2020) *Monte Carlo* adalah teknik yang digunakan untuk menghasilkan hasil dari distribusi probabilitas. Metode ini mengandalkan angka acak yang dihasilkan dengan kemungkinan yang sama, memastikan tidak ada pola yang terlihat di antara angka-angka tersebut. Komputer menghasilkan angka acak ini untuk melakukan simulasi sebagai bagian dari proses *Monte Carlo*.

Pada metode *Monte Carlo*, beberapa peneliti telah melakukan kajian penting. Penelitian (Megis & Arnellis, 2022) menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan dalam interval kepercayaan lebih rendah ketika menggunakan metode Monte Carlo dibandingkan dengan metode *Black-Scholes*. Temuan ini

mengindikasikan bahwa metode *Monte Carlo* lebih akurat dalam mengevaluasi opsi *Put* Eropa dengan jangka waktu jatuh tempo tiga bulan dibandingkan dengan metode *Black-Scholes*.

Penelitian (Kamila, E.H. Nugrahani, 2017) mengkaji opsi barrier, khususnya *up-and-out Call*, *up-and-in Call*, dan *down-and-out Call*, dengan menerapkan simulasi *Monte Carlo*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya harga kesepakatan, harga opsi barrier cenderung menurun. Selain itu, peningkatan harga barrier menyebabkan penurunan pada harga opsi *up-and-in* dan *down-and-out Call*, tetapi meningkatkan harga opsi *up-and-out Call*. Periode jatuh tempo yang lebih lama juga berpengaruh, di mana hal ini menurunkan harga opsi *up-and-out Call* tetapi meningkatkan harga opsi *down-and-out* dan *up-and-in Call*.

Penelitian (Puji Gumati, 2013) memberikan gambaran umum mengenai langkah-langkah yang diperlukan untuk menghitung harga opsi Amerika menggunakan metode *Monte Carlo*. Proses ini dimulai dengan pengambilan variabel acak dari distribusi normal standar untuk menentukan nilai intrinsik dan harga saham yang mungkin. Selanjutnya, nilai *pay-off* dari opsi Amerika dihitung berdasarkan harga saham, sambil mengidentifikasi nilai maksimum dari nilai intrinsik yang diperoleh. Penelitian (Alghalith, 2018a) membahas pendekatan baru dalam penentuan harga opsi tipe Amerika dengan menggunakan formula *Black-Scholes*. Peneliti tersebut menawarkan solusi analitik yang lebih praktis dan efisien untuk metode *Black-Scholes* dalam penetapan harga opsi tipe Amerika.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, penulis meneliti tentang perhitungan *American Option* menggunakan metode *Monte Carlo*. Pemilihan *Monte Carlo*

untuk penilaian *American Option* ini diambil karena opsi ini dapat dieksekusi sebelum jatuh tempo, sehingga memungkinkan investor lebih bertindak fleksibel. Hal ini juga disarankan dari penelitian (Firdaus, 2013) menggunakan *American option* untuk meningkatkan keakuratan. Kemudian data yang digunakan dalam penelitian yaitu data saham Microsoft Corporation (MSFT). Peneliti menggunakan data dari tersebut, karena perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan teknologi terbesar di dunia, dengan kinerja keuangan yang menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Dalam laporan, disebutkan bahwa harga saham microsoft mengalami pertumbuhan yang cepat dan perusahaan melaporkan total pendapatan yang kuat dan menarik perhatian investor. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk membahas mengenai metode *Monte Carlo* dalam menilai *American Option* sebagai solusi yang lebih baik bagi investor dalam mengalokasikan strategi pengelolaan *profit*.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hasil perhitungan harga *American Option* menggunakan metode *Monte Carlo* sebelum jatuh tempo dan jatuh tempo?
2. Bagaimana keakuratan metode *Monte Carlo* terhadap *Black-scholes*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hasil perhitungan *American Option* menggunakan metode *Monte Carlo* yang baik sebelum jatuh tempo atau jatuh tempo.
2. Menganalisis keakuratan metode *Monte Carlo* terhadap *Black-scholes*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Banyaknya simulasi untuk *Monte Carlo* yaitu 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000.
2. Volatilitas harga saham diperoleh berdasarkan data historis harga saham.
3. *Risk free interest rate* diperoleh dari rata-rata *return* saham
4. *Return* saham diperoleh berdasarkan data historis harga saham.
5. Periode yang digunakan sebelum jatuh tempo yaitu berupa harian sebanyak 252 partisi.
6. Tidak ada pembayaran dividen.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat :

1. Bagi penulis
 - a. Menambah pengetahuan baru tentang perhitungan *American option* menggunakan metode *Monte Carlo*.
 - b. Menambah pengetahuan baru tentang perhitungan *error* antara harga *American option* menggunakan metode *Monte Carlo* dengan tingkat keakuratan.

2. Bagi pembaca

1) Investor

Sebagai tambahan wawasan atau referensi mengenai:

- a. Memperhitungkan harga *American Option* menggunakan metode *Monte Carlo*.
- b. Keakuratan harga *American Option* menggunakan metode *Monte Carlo*.

2) Microsoft Corporation

- a. Memperhitungkan perhitungan harga saham untuk tahun-tahun ke depannya.
- b. Memperhitungkan keuntungan dengan menggunakan *American option*.

3. Bagi jurusan

Menjadikan bahan referensi pengembangan pembelajaran bagi jurusan matematika khususnya mata kuliah matematika keuangan terkait perhitungan harga opsi dengan metode *Monte Carlo* dalam *American Option*.

1.6 Definisi Istilah

1. Opsi : Hak untuk membeli atau menjual suatu aset pada harga tertentu dalam jangka waktu tertentu

2. *American option* : opsi yang memungkinkan pemegangnya untuk melaksanakannya kapan saja hingga dan termasuk tanggal jatuh tempo.
3. Opsi *Call* : Opsi beli
4. Opsi *Put* : Opsi jual.
5. *Option holder* : Pemegang opsi.
6. *Expiration date* : Waktu jatuh tempo.
7. *Payoff* : Keuntungan dari suatu transaksi.
8. Volatilitas : Ukuran fluktuasi harga saham dalam jangka waktu tertentu
9. *Monte Carlo* : Metode yang menggunakan bilangan acak hasil distribusi probabilitas.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 Saham

Menurut (Partomuan, 2021) saham merupakan bukti kepemilikan modal yang dimiliki oleh individu atau badan dalam suatu perusahaan atau korporasi. Menurut (Anwar, 2021) mendeskripsikan saham sebagai bukti penyertaan modal yang dilakukan oleh investor individu, investor institusi, atau pedagang pada suatu usaha. Sementara itu, menurut (Linanda & Afriyenis, 2018) memandang saham sebagai dokumen kepemilikan modal yang mencantumkan nilai nominal, nama perusahaan, serta hak dan kewajiban setiap pemegangnya, dan dokumen tersebut dapat diperjualbelikan sebagai aset. Berdasarkan pandangan-pandangan tersebut, saham dapat dipahami sebagai bukti kepemilikan atau investasi yang mencantumkan nilai nominal, identitas perusahaan, serta hak dan kewajiban pemegangnya, dan merupakan aset yang dapat diperjualbelikan.

2.1.2 Return Saham

Robert Ang dalam (Mufidah & Yuliana, 2020) menjelaskan bahwa *return* saham merupakan tingkat keuntungan yang diperoleh investor dari investasinya. Return ini terdiri dari dua komponen utama, pendapatan saat ini dan *capital gain*. Pendapatan saat ini merujuk pada pendapatan yang diperoleh dari pembayaran rutin, seperti bunga dari deposito atau obligasi. Sementara itu, *capital gain* berasal dari selisih antara harga jual dan harga beli aset. Selain itu menurut Jogiyanto

dalam (Fita Sari, 2012) *return* dapat dibedakan menjadi *return* realisasi (*realized return*), yang sudah diperoleh, dan *return* ekspektasi (*expected return*), yang merupakan keuntungan yang diharapkan di masa depan.

Menurut (Ruppert, 2015) *return* saham dihitung melalui rumus,

$$R_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \quad (2.1)$$

di mana:

R_t : *Return* saham pada waktu ke t ,

S_t : Harga saham pada waktu ke t ,

S_{t-1} : Harga saham pada waktu sebelum ke t .

2.1.3 Volatilitas Harga Saham

Menurut (Suwanda, 2011) volatilitas (*Volatility*) volatilitas adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana fluktuasi (perubahan harga) terjadi pada suatu aset tertentu. Aset, khususnya saham, dianggap *volatile* jika mengalami tingkat fluktuasi yang tinggi, yang berarti harganya sering berubah secara signifikan dalam waktu singkat. Menurut (Judokusumo, 2007) volatilitas saham mencerminkan ketidakpastian terkait hasil yang diperoleh dari saham tersebut. Volatilitas biasanya dihitung menggunakan standar deviasi. Standar deviasi dari harga saham adalah (Hull, 2012),

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - \bar{R})^2} \quad (2.2)$$

dengan,

$$R_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (2.3)$$

Diasumsikan bahwa dalam satu tahun terdapat 252 hari perdagangan, sehingga diperoleh nilai $\tau = \frac{1}{252}$. Berdasarkan asumsi tersebut, rumus untuk menghitung volatilitas harga saham adalah sebagai berikut,

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{\tau}} \quad (2.4)$$

di mana:

s : Standar deviasi,

n : Banyaknya data yang diteliti,

$\overline{R}_t$: Rata-rata dari R_t ,

τ : Panjang interval waktu perdagangan dalam 1 tahun,

σ : Volatilitas.

2.1.4 Jatuh Tempo

Menurut (Jamaluddin, 2023), jatuh adalah waktu yang disepakati kedua investor untuk melaksanakan haknya. Menurut (Halim, 2024), jatuh tempo merupakan tanggal ditetapkannya emiten obliogasi harus membayar kembali uang yang telah dikeluarkan investor pada saat membeli atau menjual obligasi. Jatuh tempo adalah waktu yang telah disepakati oleh para pihak, di mana investor dapat melaksanakan haknya, sekaligus menjadi tanggal ketika emiten obligasi harus memenuhi kewajibannya untuk membayar kembali dana yang sebelumnya dikeluarkan oleh investor pada saat transaksi pembelian atau penjualan obligasi.

2.1.5 Dividen

Menurut (Handini, 2020), dividen adalah laba yang diperoleh perusahaan untuk dibagikan kepada pemegang saham. Menurut Chomsatu tahun 2015 dalam (Rachmawati, dkk., 2024), dividen merupakan laba bersih perusahaan yang sebagian dibagikan kepada pemegang saham berdasarkan dengan proporsi kepemilikan pembayaran dividen. Dividen adalah pembagian laba perusahaan kepada pemegang saham, baik secara keseluruhan maupun berdasarkan persentase kepemilikan.

2.1.6 Opsi

Menurut Luenberger (1998) dalam (Mooy, dkk., 2017), mendeskripsikan opsi sebagai suatu hak, tetapi bukan kewajiban, untuk membeli atau menjual suatu aset pada harga tertentu dalam jangka waktu tertentu. Pihak yang memperoleh hak ini dikenal sebagai pembeli atau pemegang opsi, sedangkan pihak yang menerbitkan opsi dan terikat oleh keputusan pembeli tentang kapan harus melaksanakannya disebut penulis opsi. Batas waktu dimana opsi dapat dieksekusi disebut sebagai tanggal kadaluarsa, dan harga aset yang disepakati antara penulis dan pembeli disebut sebagai harga kesepakatan atau harga pelaksanaan. Menurut (Djou, dkk., 2021) opsi adalah kontrak di mana satu pihak membayar “hak”, tanpa kewajiban, untuk membeli atau menjual aset dari pihak lain. Contohnya, jika seseorang khawatir harga aset akan turun sebelum menjualnya, ia dapat membayar biaya kepada “penjual opsi jual” yang setuju untuk membeli aset tersebut pada harga kesepakatan yang telah ditentukan. Pada dasarnya, opsi merupakan hak

kontraktual, yang dibuat melalui kesepakatan bersama, yang melibatkan penjual opsi (atau penulis) dan pembeli opsi.

2.1.7 Jenis-jenis Opsi

Jia dkk., dalam (Suprayogi dkk., 2022) mengategorikan opsi menjadi dua jenis utama berdasarkan jenis kontraknya, yaitu opsi beli (*Call option*) dan opsi jual (*Put option*). Opsi beli adalah kontrak yang memberikan hak kepada investor untuk membeli aset saham sesuai dengan ketentuan tertentu mengenai jumlah, harga, dan periode waktu. Sementara itu, opsi jual memberikan hak kepada investor untuk menjual aset saham dengan ketentuan yang telah disepakati terkait jumlah, harga, dan jangka waktu.

2.1.8 *American Option*

Menurut (Neftci, 2008), *American Option* memberikan hak kepada pemegangnya untuk melaksanakan opsi kapan saja selama masa berlakunya hingga tanggal jatuh tempo. Mirip dengan opsi Eropa, opsi Amerika dapat menghasilkan keuntungan atau kerugian bagi investor. Dalam kasus opsi *Put* Amerika, terdapat situasi di mana opsi tidak menghasilkan keuntungan atau kerugian, situasi di mana pelaksanaan langsung menghasilkan kerugian, dan situasi di mana pelaksanaan langsung menghasilkan keuntungan. Adapun menurut Ross dan Sheldon M., tahun 1999 dalam (Aziz, 2009), dalam *American Option*, pemegang opsi memiliki fleksibilitas untuk melaksanakan haknya sebelum waktu jatuh tempo, yaitu kapan saja saat $t \leq T$. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan terhadap nilai-nilai opsi pada setiap t_i dengan $i = M - 1, M -$

2, ..., 0, mengingat terdapat kemungkinan bahwa nilai opsi pada beberapa waktu tersebut lebih menguntungkan dibandingkan pada saat jatuh tempo.

Menurut (Hull, 2012), dalam pengembangan *American Option*, terdapat nilai-nilai *option* untuk *American Call Option*,

$$V_{Pc} = \max(S_{jM} - K, 0) \quad (2.5)$$

dan untuk *American Put Option*,

$$V_{Pp} = \max(K - S_{jM}, 0) \quad (2.6)$$

untuk $i = 0, 1, \dots, M$ dan $j = 0, 1, \dots, i$.

di mana:

V_{jM} : *Payoff*

V_{ji} : Harga opsi

K : Harga kesepakatan

2.1.9 Proses Stokastik

Menurut (C. Hull, 2012) sebuah variabel yang nilainya berubah secara acak dari waktu ke waktu dianggap mengikuti proses stokastik. Proses stokastik ini dibagi menjadi dua kategori utama, proses dengan parameter waktu diskrit dan proses dengan parameter waktu kontinu. Dalam proses stokastik dengan waktu diskrit, nilai variabel hanya mengalami perubahan pada interval tertentu, sedangkan dalam proses waktu kontinu, variabel dapat berubah kapan saja.

Proses Markov adalah jenis proses stokastik tertentu di mana hanya nilai saat ini dari suatu variabel yang digunakan untuk meramalkan nilai masa depan, dengan mengabaikan data historis. Harga saham sering diasumsikan mengikuti proses Markov, yang berarti estimasi harga di masa depan hanya bergantung pada

harga saat ini, tidak bergantung pada hari, minggu, atau tahun sebelumnya. Dengan demikian, hanya harga saham saat ini yang dianggap relevan untuk prediksi masa depan (C. Hull, 2012).

Proses Wiener merupakan salah satu jenis khusus dari proses stokastik Markov yang memiliki rata-rata sebesar 0 dan variansi sebesar 1 per tahun. Secara formal, sebuah variabel z dikatakan mengikuti proses Wiener jika memenuhi dua karakteristik berikut (C. Hull, 2012):

1. Perubahan Δz selama interval waktu pendek Δt adalah

$$\Delta z = Z\sqrt{\Delta t} \quad (2.7)$$

di mana Z berdistribusi normal $N(0,1)$.

2. Nilai dari Δz pada dua interval waktu pendek yang berbeda dan saling bebas.

Perubahan rata-rata per unit waktu untuk proses stokastik dikenal sebagai laju *drift* dan varians per unit waktu dikenal sebagai laju varians. Proses *Wiener* dasar, dz , yang telah dikembangkan sejauh ini memiliki laju *drift* nol dan laju varians 1,0. Laju drift nol berarti bahwa nilai ekspektasi dari z pada waktu yang akan datang sama dengan nilai saat ini. Laju varians 1,0 berarti varians dari perubahan z dalam interval waktu T sama dengan T . Proses *Wiener* yang digeneralisasikan untuk variabel x dapat didefinisikan dalam istilah dz sebagai (C. Hull, 2012),

$$dx = a dt + b dz \quad (2.8)$$

di mana a dan b adalah konstanta.

Proses *Wiener* memiliki tingkat varians per satuan waktu sebesar 1,0. Ini berarti bahwa b kali proses *Wiener* memiliki tingkat varians per satuan waktu sebesar b^2 . Dalam interval waktu Δt yang kecil, perubahan nilai Δx diberikan persamaan (2.10) dan (2.11),

$$\Delta x = a \Delta t + bZ\sqrt{\Delta t} \quad (2.9)$$

Adapun sejenis proses stokastik lainnya, yang dikenal sebagai proses Ito[^], dapat juga didefinisikan. Ini adalah proses *Wiener* yang digeneralisasi di mana parameter a dan b adalah fungsi dari nilai variabel yang mendasari x dan waktu t . Proses Ito[^] dapat dituliskan secara aljabar (C. Hull, 2012),

$$dx = a(x, t) dt + b(x, t) dz \quad (2.10)$$

Expected drift rate maupun *variance rate* dari sebuah proses Ito[^] dapat berubah seiring berjalannya waktu. Dalam interval waktu yang kecil antara t dan $t + \Delta t$, variabel berubah dari x menjadi $x + \Delta x$,

$$\Delta x = a(x, t)\Delta t + b(x, t)Z\sqrt{\Delta t} \quad (2.11)$$

Harga sebuah opsi saham dipengaruhi oleh harga saham dan faktor waktu. Secara umum, harga setiap derivatif dapat dinyatakan sebagai fungsi dari variabel stokastik yang mendasari derivatif tersebut dan waktu. Berdasarkan persamaan (2.13), dz merupakan proses *Wiener*, sedangkan a dan b adalah fungsi dari x dan t . Variabel x memiliki tingkat *drift* sebesar a dan tingkat variansi sebesar b^2 (Hull, 2012). Sesuai dengan Lemma Itô, fungsi G yang bergantung x dan t mengikuti proses berikut (Hull, 2012),

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial x} a + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} b^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial x} b dz \quad (2.12)$$

dengan dz merupakan proses *Wiener* yang sama seperti dijelaskan pada persamaan (2.13). Oleh karena itu, fungsi G juga mengikuti proses Itô dengan tingkat *drift* yang diberikan,

$$\frac{\partial G}{\partial x} a + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} b^2 \quad (2.13)$$

serta tingkat variansi yang dinyatakan sebagai,

$$\left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2 b^2 \quad (2.14)$$

sebelum diasumsikan bahwa,

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (2.15)$$

dengan σ dan μ merupakan konstanta yang merepresentasikan model pergerakan harga saham secara wajar (Hull, 2012). Berdasarkan Lemma Itô, dapat disimpulkan bahwa proses yang diikuti oleh fungsi G , yang bergantung pada S dan t , adalah,

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial x} \mu S + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial x} \sigma S dz \quad (2.16)$$

perlu diperhatikan bahwa baik S (harga saham) maupun G (fungsi yang bergantung pada harga saham dan waktu) sama-sama dipengaruhi oleh sumber ketidakpastian yang identik, yaitu dz .

Selanjutnya, dengan memanfaatkan Lemma Itô, diturunkan proses stokastik yang diikuti oleh $\ln S$ ketika S mengikuti dinamika seperti pada persamaan (2.15). didefinisikan,

$$G = \ln S \quad (2.17)$$

dengan,

$$\frac{\partial G}{\partial S} = \frac{d}{dS} (\ln S) = \frac{1}{S} \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial^2 G}{\partial S^2} = \frac{d}{dS} \left(\frac{1}{S} \right) = -\frac{1}{S^2} \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial G}{\partial t} = 0 \quad (2.20)$$

Jadi, dengan memasukkannya ke dalam persamaan (2.16) dengan diasumsikan $x = S$, diperoleh:

$$\begin{aligned}
d(\ln S) &= \left[\beta S \frac{1}{S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \left(-\frac{1}{S^2} \right) \right] dt + \sigma S \frac{1}{S} dZ \\
&= \left(\beta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma Z \sqrt{dt}
\end{aligned} \tag{2.21}$$

Berdasarkan persamaan (2.21), diperoleh bahwa $d(\ln S)$ memiliki gerak Brownian. Distribusi ini mengikuti normal dengan rata-rata $\left(\left(\beta - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt \right)$ dan varians $(\sigma^2 dt)$. Untuk mendapatkan bentuk *non-diferensial* (selisih waktu), integralkan kedua sisi pada interval waktu kecil dari t_{-1} ke t , dengan $t - t_{-1} = \Delta t$:

$$\begin{aligned}
\int_{t_{-1}}^t d(\ln S) &= \int_{t_{-1}}^t \left(\beta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \int_{t_{-1}}^t \sigma Z \sqrt{dt} \\
\ln S - \ln S_{-1} &= \left(\beta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \\
\ln S &= \ln S_{-1} + \left(\beta - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t}
\end{aligned} \tag{2.22}$$

Jika diasumsikan $\Delta t = T$, $\beta = r$, $S = S_T$, $S_{-1} = S_0$, maka,

$$\ln S_T = \ln S_0 + \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma Z \sqrt{T} \tag{2.23}$$

Untuk memperoleh bentuk eksplisit, dilakukan operasi eksponensial pada kedua sisi pada persamaan (2.23):

$$\exp(\ln S_T) = \exp \left[\ln S_0 + \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T + \sigma Z \sqrt{T} \right] \tag{2.24}$$

Dengan menggunakan sifat eksponensial, diperoleh

$$\exp(\ln S_T) = \exp(\ln S_0) \times \exp \left[\left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T \right] \times \exp \left[\sigma Z \sqrt{T} \right] \tag{2.25}$$

2.1.10 Metode *Monte Carlo*

Menurut (Dewi dkk., 2020), Metode *Monte Carlo* diterapkan untuk menghasilkan hasil berdasarkan distribusi probabilitas. Dalam simulasi Monte Carlo, angka acak digunakan untuk melakukan proses acak. Bilangan acak ini membentuk urutan di mana setiap bilangan memiliki kemungkinan yang sama untuk muncul, tanpa pola yang dapat diidentifikasi dalam kemunculannya.

Menurut (Fu dkk., 2001), umumnya tingkat konvergensi metode *Monte Carlo* tidak bergantung pada jumlah variabel keadaan, metode ini menjadi layak digunakan ketika model yang mendasarinya (harga dan volatilitas aset, suku bunga) dan kontrak derivatif itu sendiri (yang didefinisikan berdasarkan fungsi yang bergantung pada jalur atau beberapa aset) menjadi lebih rumit. Bertujuan untuk menggunakan sebuah testbed komputasi kecil untuk membandingkan dan membedakan kekuatan dan kelemahan beberapa algoritma berbasis simulasi yang baru-baru ini diusulkan di sepanjang berbagai dimensi komplikasi tambahan ini.

Pada persamaan (2.25) dapat didefinisikan:

$$\exp(\ln S_T) = S_T \quad (2.26)$$

$$\exp(\ln S_0) = S_0 \quad (2.27)$$

Sehingga perhitungan gerak harga saham melalui metode simulasi *Monte Carlo* dapat dihitung melalui rumus (Higham, 2004),

$$S_T = S_0 \exp \left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma Z \sqrt{T} \right] \quad (2.28)$$

di mana:

- $S_{\Delta t}$: Harga akhir saham,
- S_0 : Harga awal saham,
- r : Tingkat suku bunga bebas resiko,
- σ : Standar deviasi harga saham n hari,
- Z : Bilangan acak berdistribusi normal,
- Δt : Partisi.

Misalkan C dan P menunjukkan nilai opsi dalam simulasi terpadu, di mana nilai opsi yang diantisipasi diwakili oleh V dan variansinya σ^2 , sehingga opsi *Call*

$$V_C = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \exp[-rT] \max(S_{jM} - K, 0) \quad (2.29)$$

opsi *Put*

$$V_P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \exp[-rT] \max(K - S_{jM}, 0) \quad (2.30)$$

di mana:

- V_C : Nilai opsi *Call*,
- V_P : Nilai opsi *Put*,
- M : Banyaknya iterasi,
- $\exp[-rT]$: Faktor diskon,
- T : Waktu jatuh tempo.

2.1.11 *Black-Scholes*

Pada tahun 1973, Fisher Black dan Myron Scholes memperkenalkan model teoretis yang disebut model Black-Scholes untuk menghitung nilai opsi. Model ini kemudian diadopsi sebagai standar dalam penentuan harga opsi di pasar keuangan. Namun, penerapannya pada opsi tipe Amerika yang memungkinkan eksekusi sebelum tanggal jatuh tempo memerlukan pendekatan lebih adaptif. Untuk itu, berbagai pengembangan terus dilakukan guna menemukan solusi analitik yang lebih sederhana namun tetap akurat. Salah satunya adalah metode yang diusulkan oleh (Alghalith, 2018), yang menawarkan pendekatan praktis untuk mempercepat proses penetapan harga opsi tipe Amerika tanpa mengorbankan presisi perhitungan.

Alghalith (2018) memodifikasi model *Black-Scholes* dengan dinamika harga aset berisiko di bawah asumsi netral risiko dinyatakan sebagai berikut,

$$dS(u) = S(u)(rdu + \sigma dW(u)), 0 \leq u \leq T \quad (2.31)$$

dengan r dan σ masing-masing merupakan tingkat suku bunga konstan dan volatilitas. Proses $W(u)$ adalah gerak Brown (*Brownian motion*) yang didefinisikan pada ruang probabilitas $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{F}_u, \mathbb{P})$, di mana $\{\mathcal{F}_u\}_{0 \leq u \leq T}$ merupakan augmentasi dari filtrasi. Dalam literatur, telah diketahui bahwa proses kekayaan memenuhi persamaan,

$$dX(u) = \{rX(u) - c(u)\} du + \pi(u) \sigma dW(u) \quad (2.32)$$

dengan $\pi(u)$ merupakan proses portofolio berisiko dan $c(u) \geq 0$ merupakan laju konsumsi.

Konsumsi dapat dilakukan oleh penulis opsi (*writer*) jika pembeli atau pemegang opsi tidak mengeksekusi pada waktu optimal; dalam kasus ini, kelebihan dana (selain yang dibutuhkan untuk lindung nilai) dapat dikonsumsi. Hal ini menyiratkan bahwa $X(u) \geq P(u)$ dan,

$$X(u) = P(u) + c(u) \quad (2.33)$$

dengan $P(u)$ adalah harga dari opsi *Call American*.

Dinamika harga opsi dinyatakan sebagai berikut,

$$dP(u, S(u)) = \left[P_u + rSP_s + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 P_{ss} \right] du + \sigma SP_s dW(u) \quad (2.34)$$

Berdasarkan asumsi model *Black-Scholes*, dapat dituliskan,

$$\begin{aligned} P_u + rSP_s + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 P_{ss} &= rX - c \\ &= r(P + c) - c \end{aligned} \quad (2.35)$$

Dengan demikian, bentuk PDE *Black-Scholes* yang telah dimodifikasi menjadi,

$$P_t + r(SP_s - P) + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 P_{ss} + (1 - r)c = 0 \quad (2.36)$$

dengan S adalah harga saat ini dari aset dasar (*underlying*).

Secara umum, determinan dari pelaksanaan dini pada opsi *American* adalah tingkat bunga. Pelaksanaan dini memberikan pendapatan bunga kepada pemegang opsi, sementara penundaan pelaksanaan memberikan pendapatan bunga kepada penjual opsi. Oleh karena itu, laju konsumsi c setara dengan pendapatan bunga yang diperoleh penjual opsi jika pemegang tidak mengeksekusi pada waktu optimal.

Nilai maksimum konsumsi adalah,

$$c_m = (\exp[rT] - 1)P \quad (2.37)$$

dengan T adalah waktu hingga jatuh tempo. Maka, rentang c adalah $[0, cm]$.

Berdasarkan literatur, c disubstitusikan dengan ekspektasi,

$$\frac{(\exp[rT]-1)P}{2} \quad (2.38)$$

Substitusikan persamaan (2.32) ke dalam persamaan (2.30), diperoleh,

$$P_t + r(SP_s - P) + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 P_{ss} + 0,5(\exp[rT]-1)(1-r)P = 0 \quad (2.39)$$

Bentuk ini dapat ditulis ulang menjadi,

$$P_t + rSP_s + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 P_{ss} - \beta P = 0, P(T, S(T)) = g(S) \quad (2.40)$$

dengan,

$$\beta \equiv r - 0,5(\exp[rT]-1)(1-r) \quad (2.41)$$

Untuk menyederhanakan penyelesaian dari PDE persamaan (2.40) yang mengandung koefisien diskonto β , solusi diasumsikan dapat dituliskan dalam bentuk,

$$P(S, t) = \exp[\phi(t)] \times \tilde{P}(S, t) \quad (2.42)$$

Transformasi ini bertujuan untuk menyerap pengaruh β ke dalam faktor eksponensial. Selanjutnya, turunan terhadap waktu dari $P(s, t)$ dihitung sebagai berikut,

$$P_t = \phi'(t) \exp[\phi(t)] \tilde{P}_t \quad (2.43)$$

Turunan tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan (2.34) sehingga diperoleh,

$$\begin{aligned} &\phi'(t) \exp[\phi] \tilde{P} + \exp[\phi] \tilde{P}_t + rS \exp[\phi] \tilde{P}_s \\ &+ \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \exp[\phi] \tilde{P}_{ss} - \beta \exp[\phi] \tilde{P} = 0 \end{aligned} \quad (2.44)$$

Seluruh persamaan kemudian dibagi dengan $e\phi$ untuk menyederhanakan bentuknya, menghasilkan,

$$\tilde{P}_t + rS\tilde{P}_s + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \tilde{P}_{ss} + (\phi'(t) - \beta)\tilde{P} = 0 \quad (2.45)$$

Agar bentuk persamaan identik dengan PDE *Black-Scholes* standar (dengan tingkat diskonto r), maka fungsi $\phi(t)$ dipilih sedemikian sehingga memenuhi,

$$\phi'(t) = r - \beta \quad (2.46)$$

menjadi,

$$\phi(t) = (r - \beta)t + C \quad (2.47)$$

Untuk menentukan konstanta C , digunakan kondisi batas di waktu T ,

$$\phi(T) = 0,5(\exp[rT] - 1)(1 - r)T + C \quad (2.48)$$

sehingga,

$$C = \phi(T) - (r - \beta)T \quad (2.49)$$

Namun, karena yang diperlukan hanyalah bentuk fungsional dari solusi, nilai C tidak perlu ditentukan secara eksplisit. Dengan demikian, bentuk umum solusi dinyatakan sebagai,

$$P(S, t) = \exp[r - \beta]t \times \tilde{P}(S, t) \quad (2.50)$$

diperoleh bahwa $\tilde{P}(s, t)$ memenuhi persamaan diferensial parsial Black-Scholes klasik, yaitu,

$$\tilde{P}_t + rS\tilde{P}_s + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \tilde{P}_{ss} - r\tilde{P} = 0 \quad (2.51)$$

solusi eksplisit dari $\tilde{P}(s, t)$ merupakan solusi dari formula harga opsi *Black-Scholes*,

$$\tilde{P}(S, t) = P_{BS}(S, t) \quad (2.52)$$

Solusi akhir kemudian diperoleh dengan menyubstitusikan kembali ke dalam persamaan (2.43),

$$P(S, t) = \exp[r - \beta]t \times P_{BS}(S, t) \quad (2.53)$$

diperhatikan bahwa,

$$r - \beta = 0,5(\exp[rT] - 1)(1 - r) \quad (2.54)$$

menjadi,

$$(r - \beta)T = 0,5(\exp[rT] - 1)(1 - r)T \quad (2.55)$$

Maka bentuk akhir dari solusi harga dari opsi *Call American* dapat dituliskan sebagai,

$$P_c = \exp\left[0,5(e^{rT} - 1)(1 - r)T\right] \times \left[sN(d_1) - e^{-rT}KN(d_2)\right] \quad (2.56)$$

dan untuk opsi *Put tipe Amerika*,

$$P_p = \exp\left[0,5(e^{rT} - 1)(1 - r)T\right] \times \left[e^{-rT}KN(-d_2) - sN(-d_1)\right] \quad (2.57)$$

dengan

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (2.58)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.59)$$

di mana:

P_p : *Black-Scholes opsi Put*

P_c : *Black-Scholes opsi Call*

$N(d_1)$: Fungsi distribusi normal baku kumulatif d_1

$N(d_2)$: Fungsi distribusi normal baku kumulatif d_2

2.1.12 Distribusi Normal

Distribusi normal adalah suatu bentuk matematika yang menyarankan bahwa secara alamiah pengamatan terjadi mengikuti pola yang diberikan. Pola tersebut adalah kurva normal, yang menempatkan sebagian besar pengamatan pada *mean* dan beberapa (sedikit) skor pada keadaan ekstrim. Karena kurva normal simetris, maka *mean*, *median*, dan *mode* berada pada titik yang sama (Brockopp, 1999).

Sebuah peubah acak yang paling penting adalah ketika X merupakan peubah acak kontinu yang memiliki fungsi kepadatan tertentu (J. Higham, 2004),

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\mu}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (2.60)$$

Jika X memiliki distribusi normal standar, dan dinotasikan dengan $X \sim N(0,1)$, di mana N adalah normal, 0 adalah nilai rata-rata, dan 1 adalah varians. Maka untuk X memiliki nilai harapan ($E(X) = 0$) dan nilai varians ($var(X) = 1$). Secara lebih umum, peubah acak $N \sim (\mu, \sigma^2)$ disimbolkan dengan fungsi kepadatan,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\mu\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.61)$$

di mana:

μ : Rata-rata

σ^2 : Varians

2.1.13 Galat

Menurut (Maharani & Suprpto, 2018) menjelaskan bahwa metode numerik pasti melibatkan kesalahan, karena metode numerik hanya memberikan pendekatan terhadap nilai sebenarnya. Oleh karena itu, hasil dari solusi numerik selalu memiliki tingkat kesalahan tertentu jika dibandingkan dengan solusi eksak atau solusi ideal. Perhitungan harga *American option* menggunakan metode *Monte Carlo* juga menunjukkan adanya galat, karena hasil yang diperoleh bisa berbeda dibandingkan dengan metode *Black-Scholes*. Selisih antara kedua metode ini disebut sebagai galat atau *error*. Terdapat dua kategori galat, yaitu galat mutlak (*absolute error*) dan galat relatif (*relative error*). Galat mutlak didefinisikan sebagai selisih antara harga opsi yang dihitung menggunakan metode *Monte Carlo* dan harga opsi berdasarkan metode *Black-Scholes*, yang dapat dinyatakan melalui rumus,

$$\varepsilon = |V_M - V_{BS}| \quad (2.62)$$

kemudian untuk menginterpretasi kedua galat ini harus dinormalkan terhadap nilai sebenarnya, sehingga perhitungannya,

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{V_{BS}} \quad (2.63)$$

Analisis galat antara metode *Monte carlo* dan metode *Black-Scholes* diperlukan untuk menilai tingkat akurasi perhitungan. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi kesalahan dalam pemodelan numerik, dengan menyajikan galat dalam bentuk persentase terhadap nilai eksak. Nilai MAPE yang lebih kecil

menunjukkan tingkat akurasi metode yang lebih baik. MAPE dapat dihitung menggunakan persamaan (Montgomery et al., 2015),

$$MAPE = \left(\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \varepsilon_R \right) \times 100\% \quad (2.64)$$

di mana:

ε : Nilai galat,

ε_R : Nilai galat relatif,

V_{BS} : Harga *American option* metode *Black-Schole*,

V_M : Harga *American option* metode *Monte Carlo*.

Interpretasi hasil secara umum berdasarkan nilai MAPE dilihat pada tabel berikut (Khairina et al., 2019):

Tabel 2.1 Interpretasi MAPE	
Nilai MAPE (%)	Interpretasi
$MAPE \leq 10$	Sangat akurat
$10 < MAPE \leq 20$	Akurat
$20 < MAPE \leq 50$	Wajar
$MAPE > 50$	Tidak akurat

2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Qur'an/Hadist

Kegiatan investasi yang sesuai dengan hukum Islam mengharuskan kami untuk memberikan penjelasan rinci mengenai dasar hukum dari Al-Quran dan Hadis, yang menjadi dasar hukum diperbolehkannya berinvestasi (Berutu, 2020). Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Baqarah ayat 261,

مَثَلُ الَّذِينَ يُنْفِقُونَ أَمْوَالَهُمْ فِي سَبِيلِ اللَّهِ كَمَثَلِ حَبَّةٍ أَنْبَتَتْ سَبْعَ سَنَابِلٍ فِي كُلِّ سَنَابِلٍ مِائَةُ حَبَّةٍ ۗ وَاللَّهُ يُضَاعِفُ لِمَنْ يَشَاءُ ۗ وَاللَّهُ وَاسِعٌ عَلِيمٌ

“Perumpamaan orang yang menginfakkan hartanya di jalan Allah seperti sebutir biji yang menumbuhkan tujuh tangkai, pada setiap tangkai ada seratus biji. Allah

melipatgandakan bagi siapa yang Dia kehendaki, dan Allah Mahaluas, Maha Mengetahui.”(Kementerian Agama, 2017).

Pada ayat tersebut mengibaratkan mereka yang memilih untuk menunda kenikmatan langsung dari kekayaan mereka dan sebaliknya mengalokasikannya untuk amal, menjanjikan bahwa Allah akan melipatgandakan kontribusi mereka hingga 700 kali lipat dari jumlah semula. Menurut Said Ibn Jābir dalam tafsir Ibnu Katsir, “jalan Allah” mengacu pada tindakan yang bertujuan untuk meningkatkan ketaatan kepada Allah SWT (Berutu, 2020).

Pada masa kini investasi, termasuk saham, diperbolehkan dalam hukum Islam selama mematuhi prinsip-prinsip syariah. Hal ini berdasarkan dalil dari Al-Quran yang menyebutkan bahwa pengalokasian harta di jalan Allah akan dilipatgandakan pahalanya. Investasi yang dilakukan dengan niat yang benar, seperti menunda kenikmatan langsung demi tujuan yang lebih baik atau amal, memiliki potensi keberkahan dan akan memberikan manfaat berlipat ganda sesuai dengan ketetapan Allah SWT.

2.3 Kajian Penelitian dengan Teori Pendukung

Pada penelitian ini, penulis akan memaparkan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan metode *Monte Carlo*, yang dapat dijadikan sebagai referensi ilmiah untuk membangun kerangka teori penelitian. Penelitian-penelitian terdahulu tersebut akan membantu menyusun konsep, teori dan hipotesis untuk menjelaskan atau menginterpretasikan data atau fenomena yang terkait. Penelitian (Megis & Arnellis, 2022) menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan dalam interval kepercayaan 95% lebih rendah jika menggunakan metode *Monte Carlo* dibandingkan dengan metode *Black-Scholes*, berdasarkan data sekunder yang

berasal dari harga saham penutupan harian dari Agustus 2022 hingga November 2022. Secara spesifik, kesalahan harga *absolut* dari metode *Black-Scholes* ditemukan sebesar 0,187, yang lebih besar dari kesalahan metode *Monte Carlo* sebesar 0,116. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo* memberikan akurasi yang lebih besar daripada metode *Black-Scholes* untuk mengevaluasi opsi *Put* Eropa dengan waktu jatuh tempo tiga bulan.

Penelitian (Kamila, E.H. Nugrahani, 2017) meneliti opsi barrier, khususnya opsi *up-and-out Call*, *up-and-in Call*, dan *down-and-out Call*, dengan menggunakan simulasi Monte Carlo pada interval kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi opsi *up-and-in Call* dengan jatuh tempo satu tahun, harga saham awal $S_0 = 100$, harga strike $K = 105$, suku bunga bebas risiko tidak konstan dengan nilai awal $r_0 = 0,065$, dan volatilitas $\sigma = 0,25$, menghasilkan solusi analitik dengan mengambil $M = 390625$, menghasilkan harga opsi sebesar 8,2428571. Dari simulasi ini, diamati bahwa semakin banyak simulasi yang dilakukan, nilai *error* untuk opsi barrier *up-and-in Call* semakin kecil, dan hasil yang dihasilkan cukup baik karena *error* yang dihasilkan pada $M = 78125$ cukup rendah, yaitu sekitar 0,025889518 atau sekitar 2,5%. Untuk opsi barrier *down-and-out Call*, hasil simulasi adalah 47.673917. Demikian pula, dengan semakin banyaknya simulasi, nilai *error* untuk opsi barrier *down-and-out Call* semakin kecil, memberikan hasil yang baik dengan *error* pada $M = 78125$ hanya sebesar 0,007571918 atau sekitar 0,7%.

Penelitian (Puji Gumati, 2013) memberikan garis besar langkah-langkah yang terlibat dalam menghitung harga opsi Amerika dengan menggunakan metode *Monte Carlo*. Proses ini dimulai dengan mengambil variabel acak dari distribusi

normal standar untuk menentukan nilai intrinsik dan harga saham potensial. Kemudian, nilai *pay-off* dari opsi Amerika dihitung berdasarkan harga saham, bersama dengan mengidentifikasi nilai maksimum dari nilai intrinsik yang diperoleh. Lima parameter utama yang mempengaruhi harga opsi Amerika meliputi harga saham awal, harga kesepakatan, waktu jatuh tempo, volatilitas, dan tingkat suku bunga bebas risiko, yang masing-masing mempengaruhi opsi beli dan opsi jual secara berbeda.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pendekatan kuantitatif dan studi literatur. Pendekatan kuantitatif menggunakan data numerik untuk memberikan hasil yang objektif, akurat, yang diolah menggunakan Matlab, dan sesuai dengan kebutuhan analisis dalam penentuan harga opsi menggunakan metode *Monte Carlo*, serta melihat konvergensi terhadap *Black-Scholes*. Studi literatur mengandalkan berbagai literatur untuk memperoleh landasan teori yang dapat mendukung pemecahan masalah dalam penelitian ini.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder, yaitu diperoleh tidak secara langsung dari objek penelitian, melainkan dari *website* resmi www.investing.com/equities/microsoft-corp-historical-data, berupa data harga saham Microsoft Corporation (MFST) dalam jangka waktu 2 tahun (01 November 2022 – 31 Oktober 2024) data selengkapnya pada lampiran 1.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

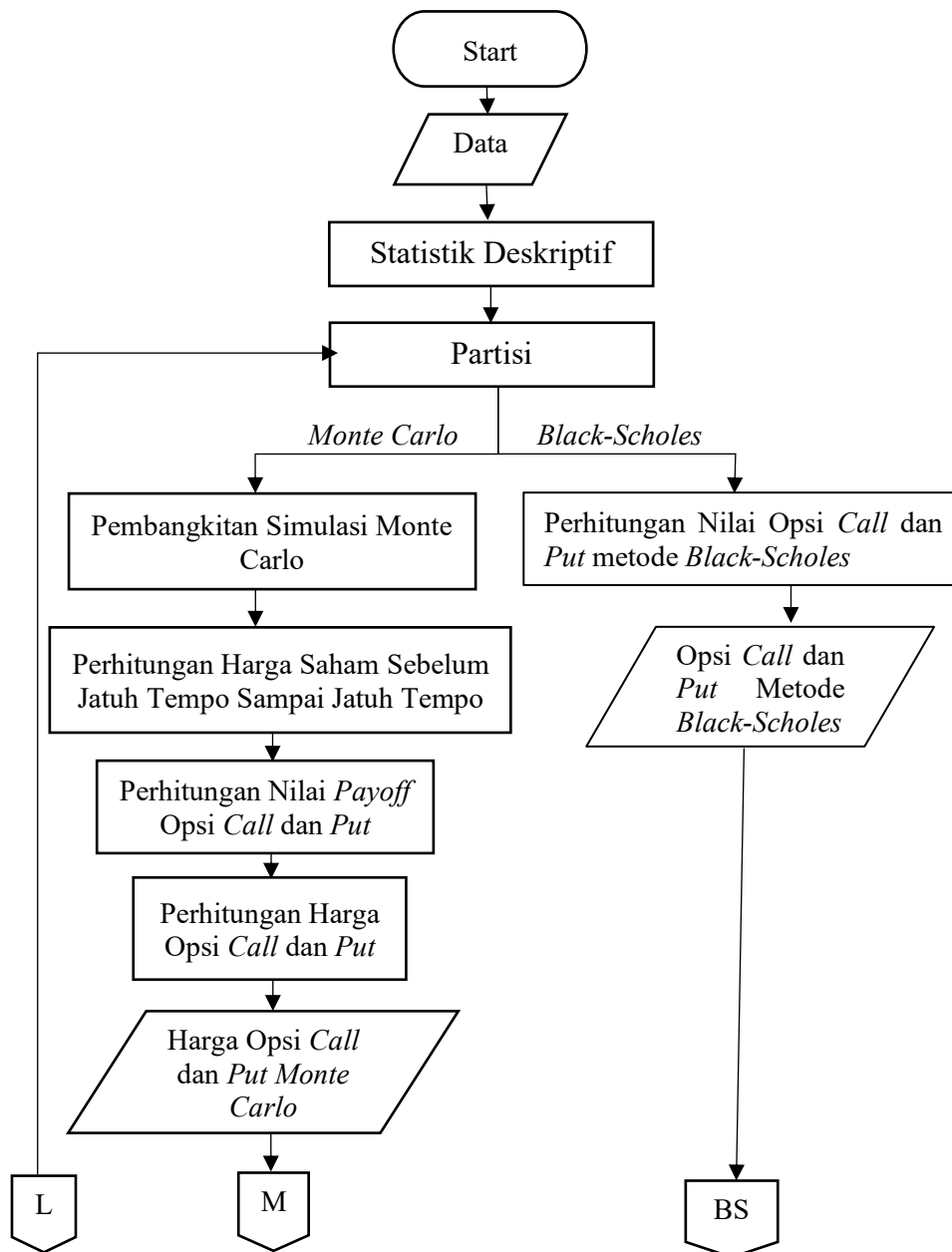
Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini:

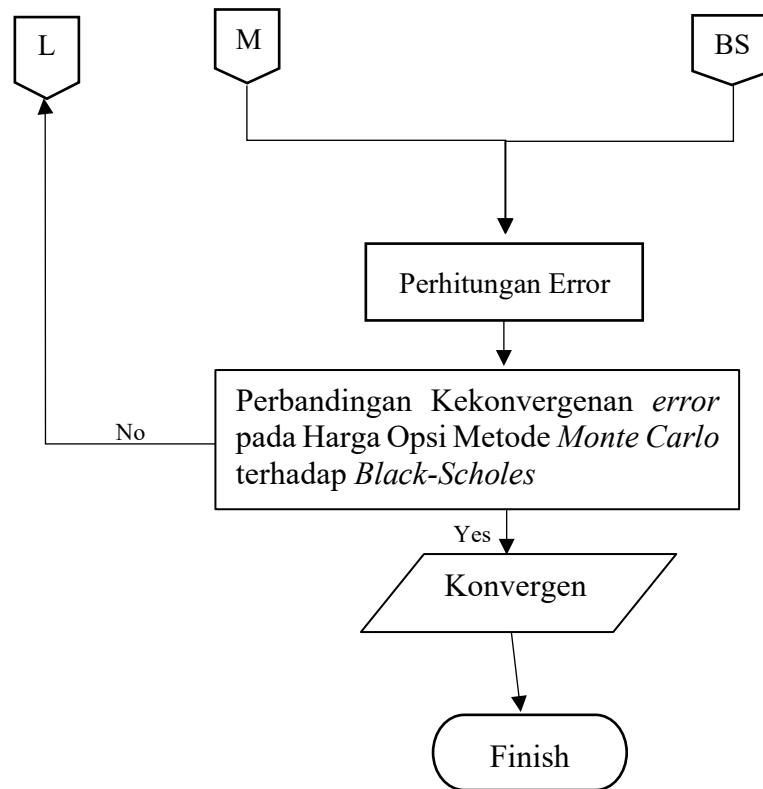
1. Deskriptif data.
 - a. Menggambar grafik data historis harga saham Microsoft Corporation (MFST).

- b. Menentukan harga saham awal dari data harga saham terakhir pada tanggal 31 September 2024, tingkat suku bunga bebas risiko, harga kesepakatan.
 - c. Menghitung *return* saham, standar deviasi, volatilitas, dan interval waktu.
2. Implementasi *Monte Carlo*.
 - a. Membangkitkan bilangan acak menggunakan program.
 - b. Menghitung harga saham pada saat sebelum dan jatuh tempo.
 - c. Menghitung nilai *payoff* pada saat 1 tahun menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6).
 - d. Menghitung harga opsi *Call* dan *Put* menggunakan persamaan (2.29) dan (2.30).
 - e. Merata-ratakan harga opsi.
3. Membandingkan metode *Monte Carlo American option* dengan *Black-Scholes*.
 - a. Menghitung nilai opsi *American option Call* dan *Put*.
 - b. Menghitung *error* nilai *American option* metode *Monte Carlo* dengan *Black-Scholes*.
 - c. Menganalisis kekonvergenan *error* dengan pergerakan nilai *American option* dengan metode *Monte Carlo* dan metode *Black-Scholes*.
4. Ulangi partitisi.

3.4 Flowchart

1. *American option metode Monte Carlo*





Gambar 3.1 *Flowchart*

BAB IV

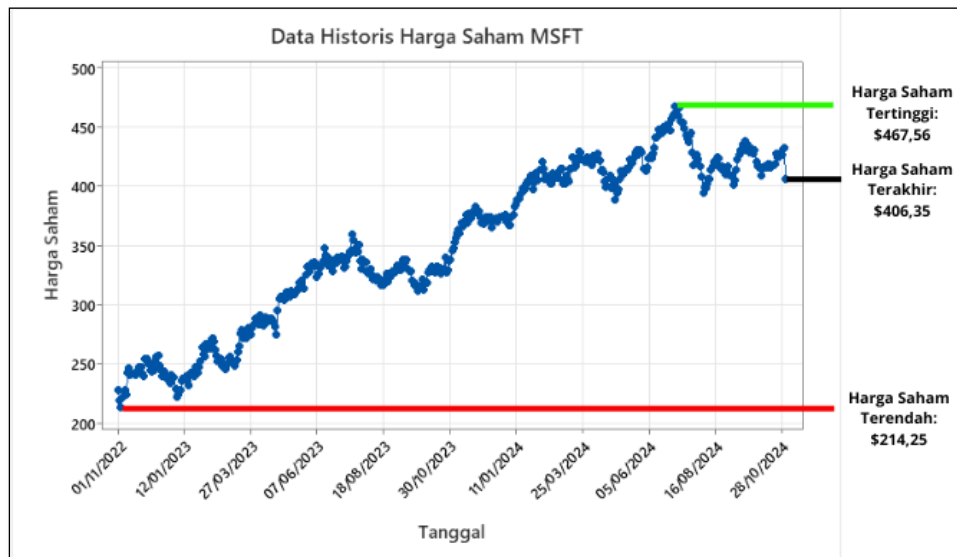
PEMBAHASAN

4.1 Deskriptif Data

Pada bagian ini akan dijelaskan secara deskriptif mengenai data yang digunakan dalam penelitian. Analisis deskriptif ini bertujuan untuk memberikan pemahaman awal terhadap karakteristik data saham yang digunakan, serta menyiapkan parameter-parameter yang diperlukan dalam perhitungan harga *American option* menggunakan metode *Monte Carlo*. Pembahasan dalam subbab ini meliputi visualisasi data, penentuan parameter yang diperlukan, serta perhitungan volatilitas saham berdasarkan data historis.

4.1.1 Visualisasi Data

Visualisasi data dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai pergerakan harga saham Microsoft Corporation (MFST) selama periode penelitian. Dengan memvisualisasikan data harga penutupan saham secara grafik, dapat diamati tren pergerakan harga, fluktuasi, serta potensi adanya volatilitas tinggi atau rendah dalam kurun waktu tertentu.



Gambar 4.1 Plot Pergerakan Harga Saham Penutupan MFST

Gambar 4.1 memperlihatkan grafik pergerakan harga saham Microsoft Corporation (MSFT) selama periode 1 November 2022 hingga 31 Oktober 2024. Dari grafik menunjukkan bahwa harga saham MSFT mengalami titik terendahnya pada tanggal 03 November 2022 berada di 214,25 USD. Pada tanggal tersebut terjadi pemangkasan suku bunga oleh *Federal Reserve System* (The Fed) yang diumumkan oleh Jerome Powell dan para investor melakukan penutupan investasinya untuk mengamankan portofolio. Tren kenaikan mulai terbentuk dari tanggal 05 Januari 2023 hingga 02 Agustus 2024, sehingga MSFT mengalami titik tertinggi berada di 467,56. Ketika mulai nya kenaikan harga saham MSFT terjadi, karena MSFT berinvestasi besar dalam teknologi ini dan bekerja sama dengan OpenAI, pada momen itu AI sedang dalam perkembangan yang pesat. Namun pola tren tersebut telah terjadi *breakout* sehingga pada tanggal 03 Agustus 2023 sampai 31 Oktober 2024 terjadi likuiditas. Dari plot pergerakan saham menjadi dasar yang penting untuk penentuan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

4.1.2 Parameter yang Dibutuhkan

Beberapa parameter utama yang harus ditentukan berdasarkan data historis sebelum digunakan dalam perhitungan harga *American option*, yaitu:

1. Harga Saham Awal (S_0)

Harga saham awal diperoleh dari awal periode pada data historis saham Microsoft Corporation (MFST). Dari data yang digunakan selama 01 November 2022 – 31 Oktober 2024, hanya diambil harga akhir. Harga ini diambil dari harga terakhir pada harga penutupan saham pada tanggal 31 Oktober 2024 dengan nilai \$406,35.

2. Harga Kesepakatan (K)

Harga kesepakatan atau *strike price* diperoleh dari referensi yang ada pada situs investing.com, yang mana harga ini telah ditentukan berdasarkan praktik pasar dengan nilai \$435,00.

3. Waktu Jatuh Tempo

Waktu jatuh tempo atau *time to matura* ditetapkan selama 1 tahun (252 hari perdagangan). Dalam pemilihan 1 tahun ini diambil dari waktu standar opsi finansial yang sering digunakan untuk mengevaluasi kinerja saham pada periode tahunan.

4. Jumlah Partisi (N)

Jumlah partisi ditetapkan sebanyak 252 partisi, yang mana sesuai dengan jumlah hari perdagangan dalam 1 tahun.

5. *Risk-Free Rate* (r)

Tingkat bunga bebas resiko atau *risk-free rate* ditentukan berdasarkan pada harga *expected return* yang diperoleh melalui analisa data historis harga saham.

6. Banyak Simulai (M)

Banyak simulasi percobaan (M) yang digunakan dalam penelitian ini berada dalam rentang [1.000, 10.000], dengan kenaikan sebanyak 100 simulasi di setiap tahap. Rentang dan peningkatan ini dipilih untuk menjaga keseimbangan antara akurasi perhitungan nilai opsi dan efisiensi proses komPutasi, sekaligus memungkinkan pengamatan terhadap proses konvergensi secara bertahap.

7. Volatilitas Harga Saham

Penghitungan volatilitas saham dilakukan melalui *return* saham. Baik volatilitas maupun *return* saham merupakan indikator penting dalam menggambarkan tingkat risiko dan potensi keuntungan dari suatu aset dalam periode tertentu. Volatilitas saham menunjukkan seberapa besar fluktuasi harga yang terjadi dalam kurun waktu tertentu, sedangkan *return* saham mencerminkan seberapa besar perubahan harga saham dari waktu ke waktu. Harga *return* saham biasanya dihitung menggunakan rumus yang ditunjukkan pada persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \ln\left(\frac{S_1}{S_{1-1}}\right) = \ln\left(\frac{S_1}{S_0}\right) = \ln\left(\frac{220,1}{228,17}\right) \approx -0,03601 \\
 R_1 &= \ln\left(\frac{S_2}{S_{2-1}}\right) = \ln\left(\frac{S_2}{S_1}\right) = \ln\left(\frac{214,25}{220,1}\right) \approx -0,02694 \\
 &\vdots
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

$$R_{501} = \ln\left(\frac{S_{501}}{S_{501-1}}\right) = \ln\left(\frac{S_{501}}{S_{500}}\right) = \ln\left(\frac{432,53}{431,95}\right) \approx 0,00134$$

$$R_{502} = \ln\left(\frac{S_{502}}{S_{502-1}}\right) = \ln\left(\frac{S_{502}}{S_{501}}\right) = \ln\left(\frac{406,35}{432,53}\right) \approx -0,06243$$

Hasil lengkap perhitungan *return* saham pada persamaan (4.1) dapat dilihat pada lampiran 2. Dari hasil perhitungan tersebut, selanjutnya dihitung rata-rata *return* saham (*expected return*) sebagai estimasi nilai *risk-free rate*. Nilai ini diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.3), yang juga menjadi dasar penetapan hubungan bahwa $\bar{R} = r$, berikut hasil perhitungan *expected return* saham,

$$\begin{aligned}\bar{R} &= \frac{1}{502}(-0,03601 + (-0,02694) + \dots + 0,00134 + (-0,06244)) \\ &= \frac{0,57712}{502} \\ &= 0,00115\end{aligned}\tag{4.2}$$

Selanjutnya, setelah diperoleh hasil *expected return* saham, dapat dihitung nilai dari standar deviasi menggunakan persamaan (2.2),

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{1}{502-1}((-0,03601 - 0,00115)^2 + \dots + (-0,06244 - 0,00115)^2)} \\ &= \sqrt{\frac{(0,00138 + \dots + 0,00079)}{501}} \\ &= 0,0153\end{aligned}\tag{4.3}$$

Setelah nilai standar deviasi dari *return* saham diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung volatilitas harga saham dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.4). Dalam proses perhitungan ini, diasumsikan bahwa jumlah hari perdagangan saham dalam 1 tahun adalah 252 hari, sehingga nilai $\tau = \frac{1}{252}$. Oleh karena itu, nilai volatilitas dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4),

$$\sigma = \frac{0,0153}{\sqrt{\frac{1}{252}}} = \frac{0,0153}{0,06299} = 0,24287 \quad (4.4)$$

Sehingga diperoleh volatilitas harga saham sebesar 0,24263 atau 24,263% per tahunnya. Dengan demikian, parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini dapat dirangkum, sebagai berikut:

Tabel 4.1 Parameter dalam Perhitungan Harga Opsi

Paraemeter	Nilai
S_0	\$406,35
K	\$435
T	1 Tahun
N	252 hari
r	0,00115
σ	0,24287
M	1000, 1100, ..., 10000

4.2 Implementasi *Monte Carlo* pada Perhitungan harga *American option*

Pada subbab ini akan dijelaskan secara rinci mengenai proses implementasi metode *Monte Carlo* dalam menghitung harga *American option* dengan menggunakan data saham Microsoft Corporation (MSFT) dari tanggal 1 November 2022 hingga 31 Oktober 2024. Metode *Monte Carlo* dipilih karena kemampuannya dalam melakukan simulasi stokastik yang fleksibel, terutama untuk opsi yang memiliki exercise sebelum jatuh tempo, seperti *American option*. Proses implementasi ini mencakup beberapa tahap, yaitu pembangkitan angka acak, simulasi pergerakan harga saham, perhitungan nilai *payoff*, dan estimasi harga opsi.

4.2.1 Membangkitkan Bilangan Acak

Langkah pertama dalam metode *Monte Carlo* adalah membangkitkan angka acak yang mengikuti distribusi normal standar. Bilangan-bilangan acak ini digunakan untuk mensimulasikan faktor ketidakpastian dalam pergerakan harga saham. Dalam penelitian ini, bilangan acak dibangkitkan sebanyak [1.000:10.000] dengan jeda 100 pertahapnya agar dapat dilihat dengan jelas pada saat kekonvergenannya. Nilai-nilai tersebut mewakili komponen stokastik dari model pergerakan harga saham yang akan digunakan pada tahap berikutnya. Berikut 10 urutan bilangan acak pertama *Monte Carlo*,

Tabel 4.2 Urutan Bilangan Acak Z pada Simulasi

Partisi	Z
1	1,02628
2	0,82639
3	-1,13031
4	2,30684
5	0,69293
6	-0,34609
7	0,64060
8	-0,93737
9	0,45299
10	-0,06117

Tabel 4.2 menampilkan 10 urutan awal bilangan acak Z yang digunakan pada simulasi pertama dengan metode Monte Carlo standar. Bilangan acak ini dihasilkan sebagai bagian dari keseluruhan simulasi yang terdiri dari 10.000 jalur dengan 252 partisi waktu. Urutan bilangan acak tersebut selanjutnya digunakan

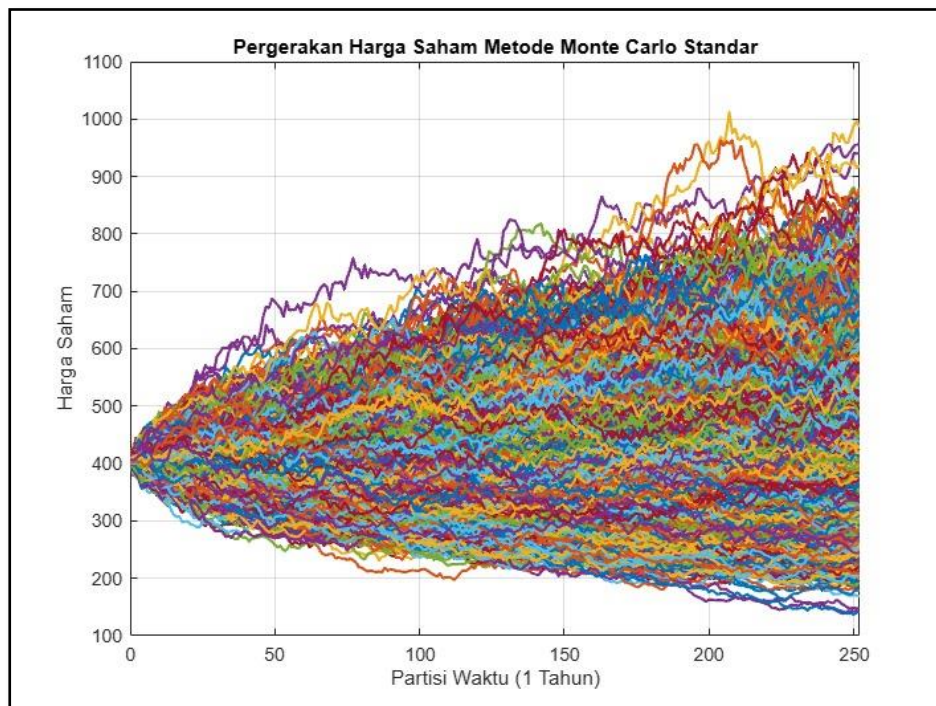
dalam proses perhitungan pergerakan harga saham berdasarkan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) pada persamaan (2.28)

4.2.2 Simulasi Pergerakan Harga Saham

Simulasi harga saham dilakukan menggunakan persamaan (2.28), hasil perhitungan pada simulasi pertama sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 406,35 \times \exp \left[\left(0,00115 - \frac{(0,24263)^2}{2} \right) \times \frac{1}{252} + 0,24263 \times 1,02628 \sqrt{\frac{1}{252}} \right] \\
 &= 406,35 \times 1,01569 \\
 &= \$412,72563 \\
 S_2 &= 406,35 \times \exp \left[\left(0,00115 - \frac{(0,24263)^2}{2} \right) \times \frac{1}{252} + 0,24263 \times 0,82639 \sqrt{\frac{1}{252}} \right] \quad (4.5) \\
 &= 406,35 \times 1,01260 \\
 &= \$411,47001 \\
 S_3 &= 406,35 \times \exp \left[\left(0,00115 - \frac{(0,24263)^2}{2} \right) \times \frac{1}{252} + 0,24263 \times -1,13031 \sqrt{\frac{1}{252}} \right] \\
 &= 406,35 \times 0,98276 \\
 &= \$399,344526
 \end{aligned}$$

Perhitungan pergerakan harga saham dilakukan sebanyak M kali simulasi, dengan masing-masing simulasi terdiri dari 252 partisi waktu (hari perdagangan). Karena jumlah perhitungan yang cukup besar, yaitu $10.000 \text{ simulasi} \times 252 \text{ partisi}$, proses ini dibantu menggunakan perangkat lunak Matlab. Adapun hasil dari perhitungan tersebut ditampilkan sebagai berikut,



Gambar 4.2 Pergerakan Harga Saham Metode *Monte Carlo*

Gambar 4.2 menunjukkan hasil simulasi pergerakan harga saham menggunakan metode Monte Carlo standar selama satu tahun perdagangan (252 hari kerja). Setiap garis merepresentasikan satu jalur simulasi dari total 10.000 simulasi yang dilakukan. Terlihat bahwa harga saham mengalami fluktuasi yang cukup signifikan dari waktu ke waktu. Pada awal simulasi, seluruh harga saham dimulai dari nilai awal yang sama, yaitu sebesar harga penutupan saham MFST pada 1 November 2022. Seiring berjalannya waktu, garis-garis simulasi menyebar ke berbagai arah, mencerminkan ketidakpastian dan volatilitas pasar. Beberapa jalur menunjukkan peningkatan harga yang cukup tajam, sedangkan lainnya mengalami penurunan.

4.2.3 Menghitung Nilai *Payoff*

Setelah harga saham disimulasikan hingga waktu jatuh tempo, nilai *payoff* dari opsi dihitung untuk setiap jalur simulasi. Untuk *American option*, keputusan bisa dieksekusi kapan saja selama masa berlakunya. Dalam implementasinya menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6), dilakukan proses perhitungan *payoff* selama 3 hari yg berbeda, yaitu pada partisi ke 1, 126, dan 256, serta dilakukan sebanyak 10.000 kali, sesuai dengan banyak simulasinya. Agar terlihat perbedaan opsi nya pada ke 3 hari tersebut.

4.2.4 Menghitung Harga Opsi

Perhitungan harga opsi dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.29) untuk opsi *Call* dan Persamaan (2.30) untuk opsi *Put*. Proses perhitungan ini dilakukan secara bertahap dari 1.000 pada setiap kelipatan 100 dari total 10.000 simulasi, sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan dalam penelitian ini. Hasil perhitungan harga *american option* dapat dilihat pada lampiran 3.

Pada lampiran 3 terlihat bahwa perbedaan harga opsi *Call* maupun *Put* dari hari ke 1, 126, dan 252 terjadi harga yang melonjak tinggi. Namun, pada harga opsi *Call* di hari 1, terjadi sebesar 0, yang mana tidak terjadi kerugian maupun keuntungan, serta tidak disarankan untuk melakukan opsi pada hari 1. Dengan demikian, semakin banyaknya waktu maka harga kedua opsi semakin besar.

4.3 Perbandingan Harga Opsi Menggunakan *Monte Carlo* Terhadap Metode *Black-Scholes*

Pada subbab ini dilakukan perbandingan harga *American option* yang diperoleh melalui simulasi *Monte Carlo* dengan harga opsi *European* yang dihitung menggunakan rumus *Black-Scholes*. Meskipun model *Black-Scholes* tidak secara langsung digunakan untuk menghitung harga *American option*, perbandingan ini tetap dilakukan sebagai tolok ukur mengingat metode *Black-Scholes* merupakan pendekatan analitik yang umum dan memiliki tingkat akurasi tinggi dalam kasus opsi *European*. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana hasil simulasi *Monte Carlo* mendekati nilai teoritis serta mengukur tingkat galat (*error*) dari metode tersebut.

4.3.1 Perhitungan Harga Opsi dengan Metode *Black-Scholes*

Pada bagian ini dilakukan perhitungan harga opsi menggunakan formula *Black-Scholes* berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya, seperti harga saham awal, *strike price*, tingkat suku bunga bebas risiko, volatilitas, dan *time to maturity*. Proses perhitungan *Black-Scholes Call* menggunakan persamaan (2.56),

$$\begin{aligned} P_c &= \exp\left(0,5\left(\exp(0,00115 \times 1) - 1\right)(1 - 0,00115)1\right) \\ &\quad \left[406,35 \times N(-0,15435) - \exp(-0,00115 \times 1)435 \times N(-0,39722)\right] \quad (4.6) \\ &= \$28,10409 \end{aligned}$$

dan *Black-Scholes Put* menggunakan persamaan (2.57),

$$\begin{aligned}
P_p &= \exp\left(0,5\left(\exp(0,00115 \times 1) - 1\right)(1 - 0,00115)1\right) \\
&\quad \left[\exp(-0,00115 \times 1)435 \times N(-(-0,39722)) - 406,35 \times N(-(-0,15435))\right] \quad (4.7) \\
&= \$56,27030
\end{aligned}$$

dengan,

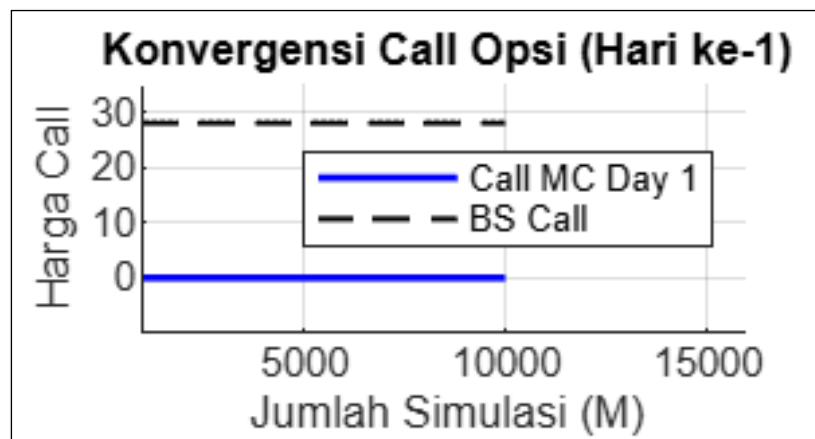
$$\begin{aligned}
d_1 &= \frac{\ln\left(\frac{406,35}{435}\right) + \left(0,00115 + \frac{(0,24287)^2}{2}\right)1}{0,24287\sqrt{1}} \\
&= -0,15435 \\
d_2 &= (-0,15435) - 0,24287\sqrt{1} \\
&= -0,39722
\end{aligned} \quad (4.8)$$

Perhitungan harga opsi menggunakan metode Black-Scholes dilakukan dengan mempertimbangkan parameter pasar seperti harga saham saat ini, harga pelaksanaan, tingkat suku bunga bebas risiko, volatilitas, dan waktu jatuh tempo. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai $d_1 = -0,15435$ dan $d_2 = -0,39722$, yang digunakan dalam fungsi distribusi normal kumulatif. Nilai negatif pada d_1 dan d_2 mencerminkan bahwa harga saham saat ini berada di bawah harga pelaksanaan, sehingga probabilitas opsi berada dalam kondisi *in the money* menjadi lebih kecil untuk opsi Call. Hal ini menjelaskan mengapa harga opsi Call relatif rendah, yaitu sebesar \$28,10409. Sebaliknya, harga opsi Put sebesar \$56,27030 menunjukkan bahwa opsi tersebut lebih bernilai karena memberikan hak untuk menjual pada harga yang lebih tinggi dari harga pasar saat ini.

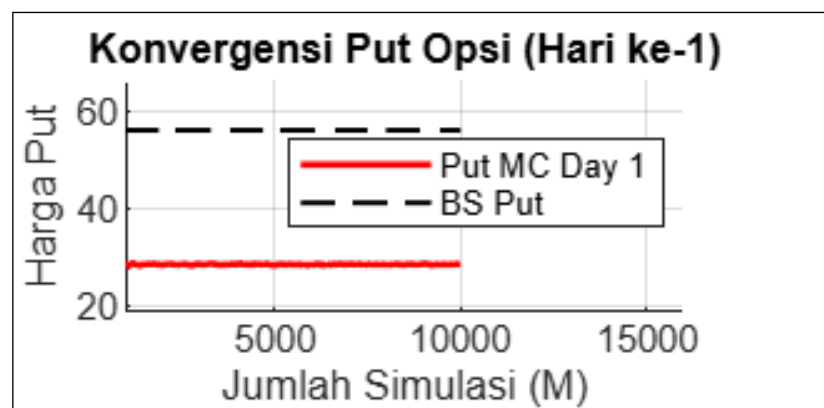
4.3.2 Perbandingan Harga Opsi *Monte Carlo* dan *Black-Scholes*

Setelah didapatkan harga opsi dari kedua metode, dilakukan perbandingan nilai antara harga opsi hasil simulasi *Monte Carlo* dengan harga opsi hasil

perhitungan *Black-Scholes*. Perbandingan ini disajikan dalam tabel dan grafik untuk memberikan gambaran visual mengenai kedekatan nilai dari kedua metode. Berikut adalah ilustrasi hasil perbandingan dari 10.000 simulasi opsi terhadap *Black-Scholes*,



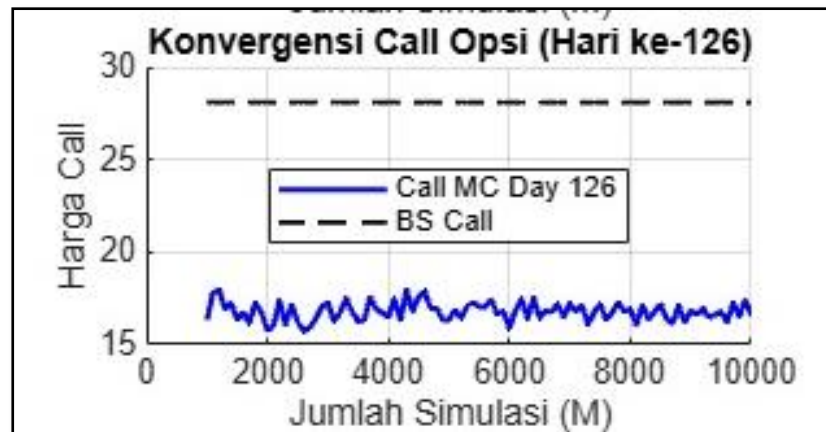
Gambar 4.3 Perbandingan Harga *Call* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 1



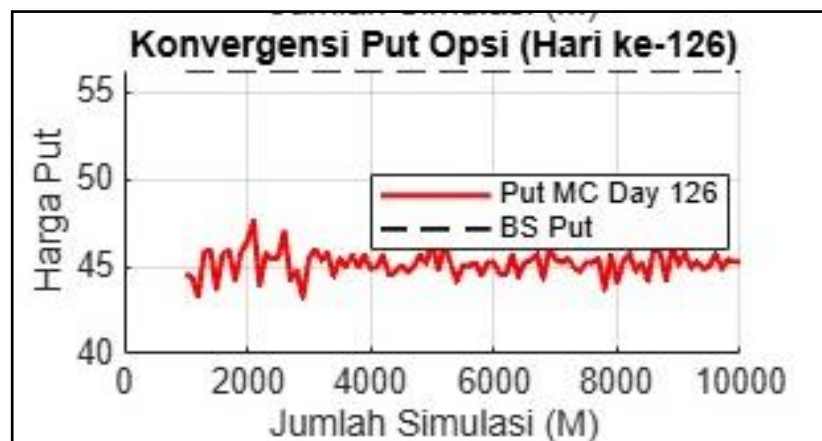
Gambar 4.4 Perbandingan Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 1

Berdasarkan gambar 4.3, harga opsi *Call* pada hari pertama (*Day 1*) dengan menggunakan metode simulasi *Monte Carlo* untuk berbagai jumlah simulasi *M*. Terlihat bahwa harga opsi *Call* cenderung mendekati nilai nol. Sedangkan pada gambar 4.4, harga opsi *Put* menunjukkan nilai yang lebih stabil pada kisaran 28,5 hingga 28,7 pada lampiran 3, seiring dengan meningkatnya jumlah simulasi. Hal ini mengindikasikan bahwa pada hari pertama, opsi *Call* berada dalam kondisi

out-of-the-money sehingga tidak memiliki nilai intrinsik, sedangkan opsi *Put* memiliki nilai yang signifikan.



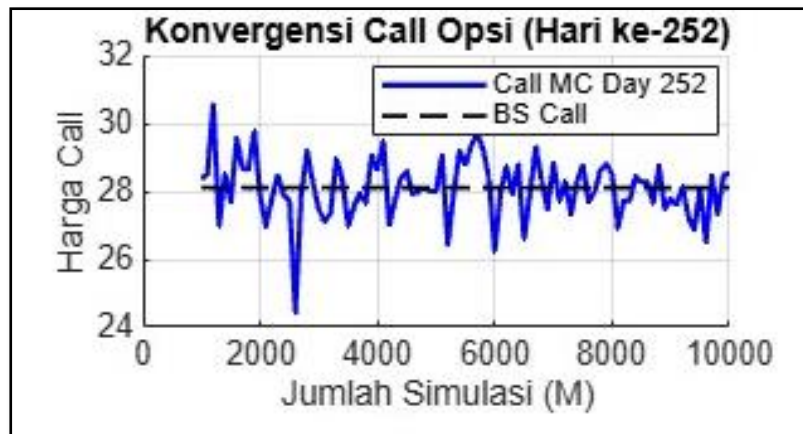
Gambar 4.5 Perbandingan Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 126



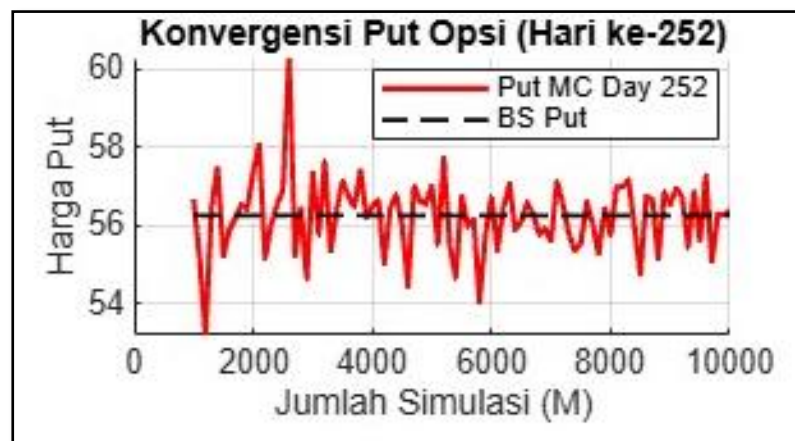
Gambar 4.6 Perbandingan Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 126

Gambar 4.5, harga opsi *Call* pada hari ke-126 (*Day 126*) yang dihitung menggunakan metode *Monte Carlo* untuk berbagai jumlah simulasi *M*. Tidak seperti pada hari pertama, harga opsi *Call* pada hari ke-126 menunjukkan nilai yang signifikan, yaitu berkisar antara 16,34 hingga 16,76. Hal ini menunjukkan bahwa opsi *Call* mulai berada dalam kondisi *in-the-money* atau mendekati masa jatuh tempo, sehingga memiliki nilai intrinsik yang lebih tinggi. Demikian pula, pada gambar 4.6 harga opsi *Put* mengalami peningkatan dari nilai sebelumnya dan

stabil pada kisaran 44,57 hingga 45,72. Tetapi hal ini masih jauh dari Harga opsi *Black-Scholes*.



Gambar 4.7 Perbandingan Harga *Call* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 252



Gambar 4.8 Perbandingan Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 252

Pada gambar 4.7 harga opsi *Call* pada hari ke-252, yang merupakan hari terakhir dari periode pengamatan atau waktu jatuh tempo opsi. Berdasarkan lampiran 3, harga opsi *Call* berada pada kisaran 27,71 hingga 28,52. Sedangkan gambar 4.8 harga opsi *Put* berkisar antara 56,40 hingga 56,92. Kenaikan nilai kedua jenis opsi ini mencerminkan peningkatan nilai intrinsik akibat mendekatinya waktu jatuh tempo, di mana perbedaan antara harga aset dan harga *strike* menjadi lebih signifikan dalam menentukan nilai opsi. Terlihat gambar 4.7 dan gambar 4.8 bahwa harga opsi *Call* maupun *Put* dari simulasi *Monte Carlo*

secara umum berfluktuasi di sekitar garis putus-putus (harga dari model *Black-Scholes*), meskipun terdapat variasi yang cukup besar.

Berdasarkan perbandingan di atas, antara *day 1*, *126*, *252*, dapat disimpulkan bahwasanya pihak *holder* pada hari ke-1 ketika mengeksekusi *Call* tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian, sehingga tidak terjadi pembayaran premi. Namun harga opsi *Put*, terjadi pembayaran premi sebesar \$28,59618, karena ketika dieksekusi *Put* mendapatkan keuntungan. Pada hari ke-126 ketika dieksekusi *Call*, terjadi pembayaran premi sebesar \$16,58214, namun ketika mengeksekusi *Put*, mengalami kenaikan pembayaran premi secara drastis sebesar \$45,29625, yang mana pada saat itu *holder* mengalami keuntungan yang baik. Pada hari ke-252, ketika akan mengeksekusi *Call*, *holder* mengalami kenaikan pembayaran premi sebesar \$28,51799, dan juga ketika mengeksekusi *Put*, pembayaran premi mengalami kenaikan sebelumnya sebesar \$56,40486, ini terjadi karena *holder* mendapatkan keuntungan yang optimal. Hal ini terbukti bahwa pada *day 1* rata-rata harga saham berada kurang dari harga kesepakatan, sehingga disarankan untuk mengeksekusi *put*. Namun, pada *day 126* dan *252*, terlihat bahwa rata-rata harga saham berada pada rentang harga kesepakatan, dengan demikian posisi *call* maupun *put* berlaku. Sedemikian hingga metode *Monte Carlo* semakin menambah partisi, maka keuntungan dan pembayaran opsi yang diperoleh akan semakin optimal.

4.3.3 Perhitungan Galat (*Error*)

Perhitungan galat/*error* dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi harga opsi metode *Monte Carlo* dalam mendekati harga opsi yang dihitung

menggunakan metode *Black-Scholes*. Hasil perhitungan dari lampiran 3, persamaan 4.6, dan persamaan 4.7 akan dihitung menggunakan persamaan (2.62) dan persamaan (2.63), berikut contoh perhitungan galat opsi *Call* dalam simulasi 1000 pada hari 1:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= |0,00000 - 28,10409| \\ &= 28,10409\end{aligned}\quad (4.9)$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_R &= \frac{28,10409}{28,10409} \\ &= 1\end{aligned}\quad (4.10)$$

dan opsi *Put*:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= |28,51402 - 56,27030| \\ &= 27,75628\end{aligned}\quad (4.11)$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_R &= \frac{27,75628}{56,27030} \\ &= 0,49327\end{aligned}\quad (4.12)$$

Setelah itu perhitungan galat harga *American option* dilanjutkan sampai simulasi 10.000, serta dihitung juga pada hari ke 126 dan 252. Hasil Perhitungan lengkap dengan bantuan *software* Matlab terdapat pada lampiran 4.

Lampiran 4 menunjukkan bahwa nilai galat di hari 252 memiliki *error* yang lebih kecil dibanding dengan hari 1 dan 126. Kemudian dari diperoleh nilai galat tersebut diubah dalam formula MAPE, dengan menggunakan persamaan (2.64). Berikut merupakan perhitungan MAPE opsi *Call* maupun *Put* pada hari ke 1, 126, 256:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan MAPE

MAPE			
Opsi	Day 1	Day 126	Day 252
<i>Call</i>	100%	40,2354%	2,3549%
<i>Put</i>	49,1169	19,7092%	1,2658%

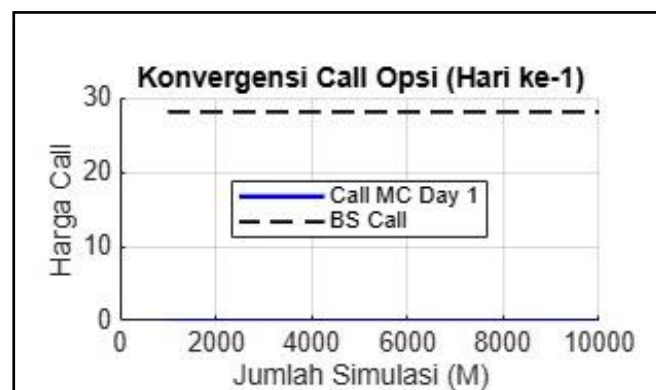
Tabel 4.3 menyajikan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari hasil simulasi *Monte Carlo* terhadap harga *American option*, baik untuk opsi *Call* maupun *Put*, pada tiga titik waktu berbeda: hari ke-1, hari ke-126, dan hari ke-252 (jatuh tempo). Pada opsi *Call*, nilai MAPE sebesar 100% pada hari pertama menunjukkan tingkat akurasi yang sangat rendah. Hal ini disebabkan karena pada awal periode, potensi keuntungan dari pelaksanaan opsi belum optimal, sehingga nilai intrinsik dan nilai ekspektasi dari opsi masih sangat fluktuatif dan belum mencerminkan nilai sebenarnya. Akibatnya, hasil simulasi *Monte Carlo* cenderung menyimpang jauh dari model referensi seperti *Black-Scholes*. Seiring waktu berjalan, tepatnya pada hari ke-126, MAPE turun menjadi 40,2354% yang tergolong dalam kategori “wajar”. Pada titik ini, fluktuasi harga saham mulai lebih stabil dan keuntungan yang diperoleh dari pelaksanaan opsi menjadi lebih terukur. Di akhir periode, yaitu hari ke-252, nilai MAPE menyentuh 2,3549% yang tergolong “sangat akurat”, menunjukkan bahwa metode *Monte Carlo* telah memberikan hasil yang sangat mendekati nilai referensi karena nilai opsi menjadi lebih pasti di dekat waktu jatuh tempo.

Sedangkan opsi *Put*, penurunan MAPE juga terjadi, namun lebih cepat mencapai akurasi tinggi. Pada hari pertama, nilai MAPE sebesar 49,1169% mencerminkan tingkat kesalahan yang wajar, kemudian menurun ke 19,7092% pada hari ke-126 (kategori akurat), dan mencapai 1,2658% pada hari ke-252 (kategori sangat akurat). Penurunan MAPE ini disebabkan oleh meningkatnya kejelasan potensi keuntungan dari opsi *Put* seiring mendekati jatuh tempo, di mana harga saham semakin mungkin berada di bawah harga kesepakatan, menjadikan opsi *Put* lebih bernilai.

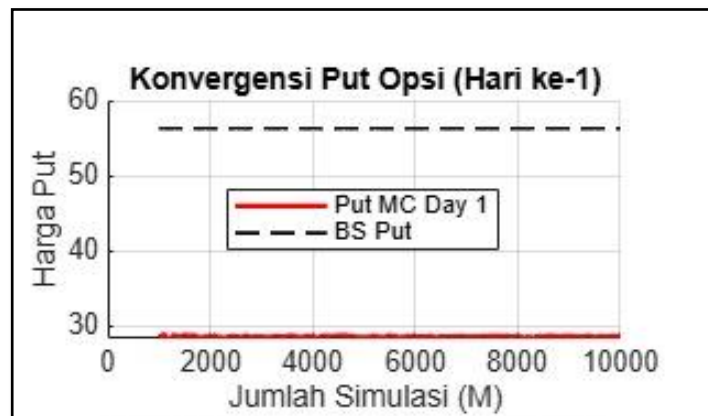
Secara keseluruhan, penyebab utama dari tingginya nilai MAPE di awal periode adalah karena nilai opsi masih sangat bergantung pada ketidakpastian pasar dan keuntungan yang belum optimal. Semakin dekat ke tanggal jatuh tempo, ketidakpastian berkurang, harga saham lebih mencerminkan nilai pasar sebenarnya, dan keputusan optimal untuk mengeksekusi opsi menjadi lebih jelas, sehingga metode *Monte Carlo* menjadi semakin akurat.

4.3.4 Kekonvergenan Harga Opsi terhadap *Black-Scholes*

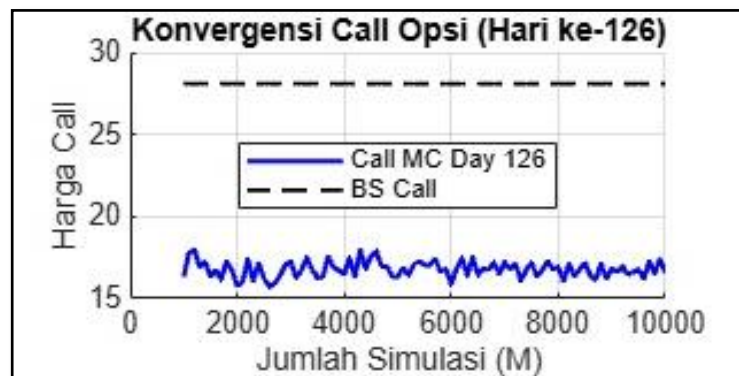
Analisis pada subbab ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kekonvergenan metode *Monte Carlo* dalam menghitung harga *American option* terhadap harga opsi yang dihitung menggunakan metode *Black-Scholes* (BS). Dalam hal ini, dilakukan simulasi *Monte Carlo* dengan berbagai jumlah simulasi (dari 0 hingga 10.000 simulasi, dilabeli sebagai M), pada tiga titik waktu berbeda: hari ke-1 (awal periode), hari ke-126 (tengah periode), dan hari ke-252 (akhir periode).



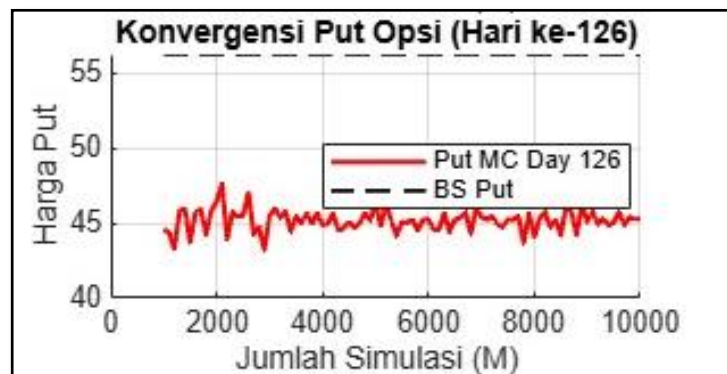
Gambar 4.9 Konvergensi Harga *Call* Opsi Terhadap *Black-Scholes* Day 1



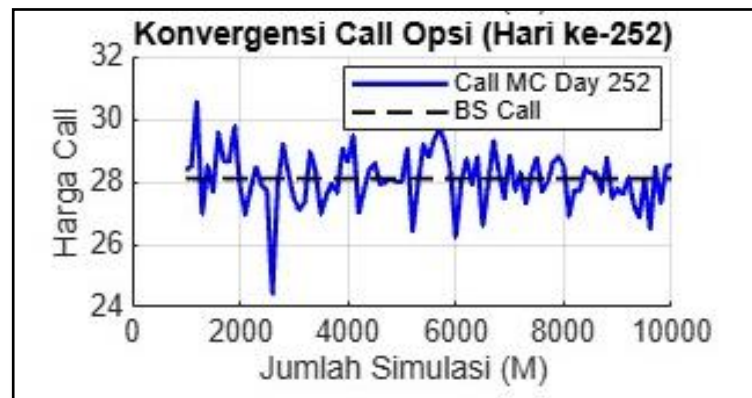
Gambar 4.10 Konvergensi Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes Day 1*



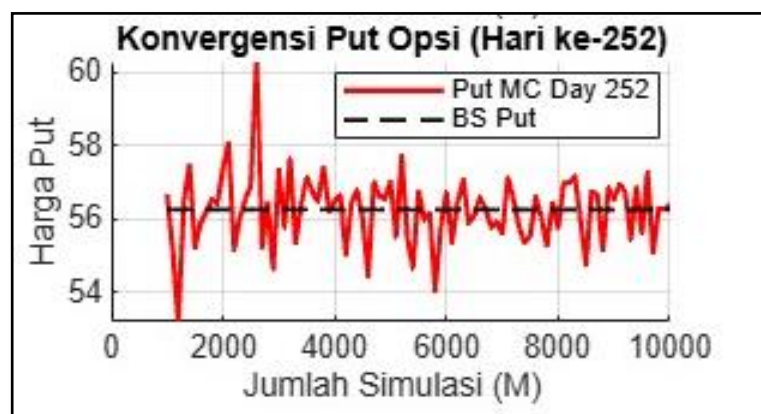
Gambar 4.11 Konvergensi Harga *Call* Opsi Terhadap *Black-Scholes Day 126*



Gambar 4.12 Konvergensi Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes Day 126*

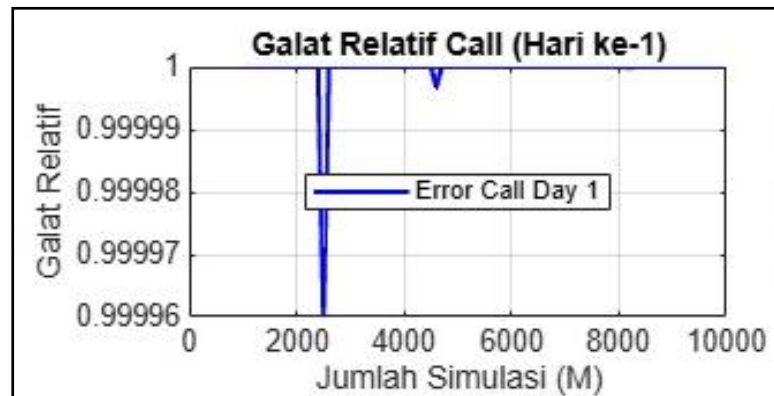


Gambar 4.13 Konvergensi Harga *Call* Opsi Terhadap *Black-Scholes Day 252*

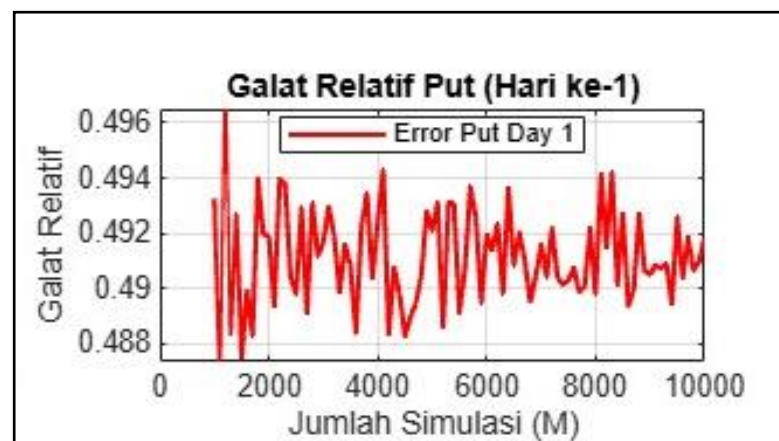


Gambar 4.14 Konvergensi Harga *Put* Opsi Terhadap *Black-Scholes Day 252*

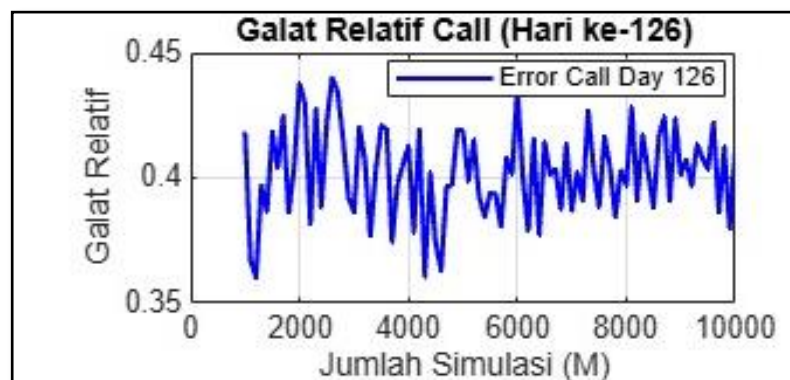
Berdasarkan gambar-gambar konvergensi bahwa harga opsi *Call* dan *Put* yang dihitung menggunakan metode *Monte Carlo* menunjukkan pola konvergensi terhadap harga opsi menurut *Black-Scholes* seiring bertambahnya jumlah simulasi. Pada hari ke-1, perbedaan belum signifikan karena pengaruh *early exercise* belum terasa. Memasuki hari ke-126, harga mulai mendekati nilai *Black-Scholes* dengan fluktuasi yang lebih kecil. Pada hari ke-252, konvergensi semakin jelas, menandakan bahwa hasil *Monte Carlo* menjadi semakin stabil, akurat, dan berfluktuasi di sekitar garis *black-scholes*.



Gambar 4.15 Plot *Error Harga Call Opsi Terhadap Black-Scholes Day 1*



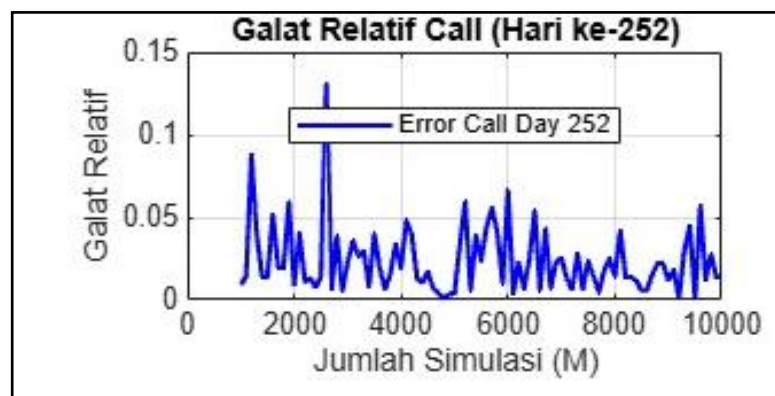
Gambar 4.16 Plot *Error Harga Put Opsi Terhadap Black-Scholes Day 1*



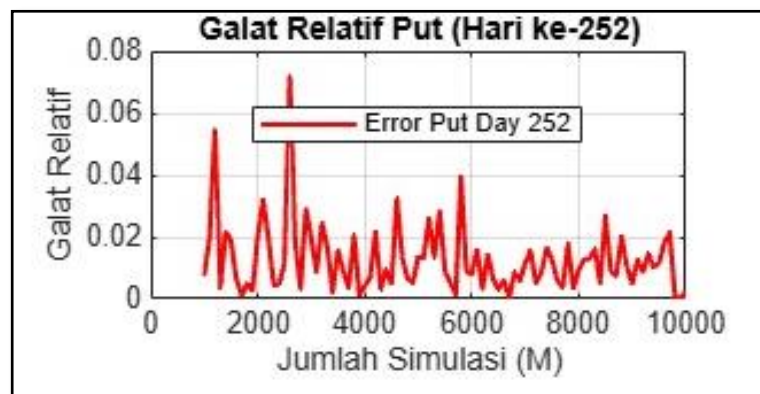
Gambar 4.17 Plot *Error Harga Call Opsi Terhadap Black-Scholes Day 126*



Gambar 4.18 Plot *Error Harga Put Opsi Terhadap Black-Scholes Day 126*



Gambar 4.19 Plot *Error Harga Call Opsi Terhadap Black-Scholes Day 252*



Gambar 4.20 Plot *Error Harga Put Opsi Terhadap Black-Scholes Day 252*

Berdasarkan gambar-gambar galat relatif menunjukkan bahwa *error* antara metode *Monte Carlo* dan *Black-Scholes* cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah simulasi. Pada hari ke-1, galat masih stabil dan tinggi karena perbedaan harga belum signifikan. Pada hari ke-126, galat mulai

berfluktuasi lebih besar, mencerminkan perbedaan metode yang mulai terlihat. Sementara itu, pada hari ke-252, galat relatif semakin kecil dan stabil, menunjukkan bahwa metode Monte Carlo mulai memberikan hasil yang lebih konvergen terhadap *Black-Scholes*.

Berdasarkan analisis konvergensi dan galat relatif, dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo* menunjukkan konvergensi yang baik terhadap harga opsi menurut model *Black-Scholes* seiring bertambahnya jumlah simulasi dan mendekati waktu jatuh tempo. Pada awal waktu (hari ke-1), pengaruh *early exercise* belum signifikan dan galat masih tinggi namun stabil. Memasuki pertengahan waktu (hari ke-126), hasil *Monte Carlo* mulai mendekati harga *Black-Scholes* dengan fluktuasi yang lebih kecil, meskipun galat relatif mulai berfluktuasi. Pada akhir periode (hari ke-252), konvergensi semakin jelas, harga opsi *Monte Carlo* semakin stabil dan mendekati nilai *Black-Scholes*, serta galat relatif menurun secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi metode *Monte Carlo* terlihat sangat akurat ketika berada pada partisi 252 dengan MAPE berada rentang ≤ 10 .

4.4 Kajian Integrasi Penelitian dalam Islam

Penelitian ini membahas penerapan metode Monte Carlo dalam menghitung harga *American Option*, sebuah instrumen keuangan derivatif yang kompleks namun penting dalam manajemen risiko dan investasi. Dalam pandangan Islam, transaksi keuangan dan investasi diperbolehkan selama tidak mengandung unsur *riba*, *gharar* (ketidakpastian yang berlebihan), dan *maisir* (judi). Oleh karena itu,

penggunaan metode statistik seperti *Monte Carlo* dalam perhitungan harga opsi harus diposisikan sebagai alat bantu perhitungan, bukan sebagai spekulasi.

Sebagaimana dijelaskan dalam QS. Al-Baqarah ayat 261 memberikan perumpamaan tentang keberkahan dari harta yang dikeluarkan di jalan Allah, yaitu satu biji yang tumbuh menjadi tujuh tangkai dan masing-masing tangkai menghasilkan seratus biji. Makna ini mengandung prinsip dasar bahwa investasi yang halal, dikelola dengan niat baik dan cara yang benar, akan mendatangkan manfaat berlipat, baik secara finansial maupun spiritual.

Pada konteks *American Option*, keputusan untuk mengeksekusi opsi pada waktu yang optimal secara matematis mencerminkan prinsip efisiensi dalam mengelola risiko dan peluang. Metode *Monte Carlo*, yang berdasarkan simulasi acak berulang, mencerminkan upaya manusia untuk memperkirakan masa depan dengan ikhtiar maksimal. Namun dalam Islam, segala hasil tetap bergantung pada kehendak Allah SWT. Maka, penggunaan metode ini menjadi bentuk ikhtiar yang sah, selama tidak melanggar prinsip syariah.

Dengan demikian, penerapan metode *Monte Carlo* dalam perhitungan harga opsi tidak bertentangan dengan nilai Islam jika tujuannya adalah untuk perencanaan keuangan yang sehat, manajemen risiko, dan pengambilan keputusan investasi yang bijak, bukan untuk spekulasi atau perjudian.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan pembahasan pada penelitian:

1. Hasil Perhitungan harga opsi menggunakan metode *Monte Carlo* pada *American option* sebelum jatuh tempo memiliki harga opsi yang cukup besar, namun berbeda ketika pada jatuh tempo. Dalam penelitian ini, ketika pihak *holder* mengeksekusi hari ke-1, posisi *Put* membayar premi harga sebesar \$28,59618, tetapi pada posisi *Call* tidak memiliki harga atau sebesar \$0, sehingga tidak disarankan untuk *early exercise*. Namun ketika dieksekusi pada hari ke 126, posisi *Put* memiliki harga premi yang melonjak jauh dari hari pertama yakni sebesar \$45,29625, begitupun dengan opsi *Call* memiliki harga premi sebesar \$16,58214. Pada hari ke 252, terdapat kenaikan harga premi yang jauh terhadap opsi *Put* sebesar \$56,40486 dan opsi *Call* sebesar \$28,51799. Dengan demikian, ketika akan dieksekusi kapan hari, harus melihat harga saham yang tersedia, karena pada *American option* harga saham awal, harga kesepakatan, waktu pengeksekusian, volatilitas, serta *risk-free rate* sangat mempengaruhi harga opsi.
2. Metode *Monte Carlo* memiliki tingkat keakuratan yang sangat baik dalam menghitung harga opsi *Call* dan opsi *Put* untuk *American option*. Hal ini tercermin dari nilai MAPE yang sangat kecil pada partisi ke 252, untuk opsi *Call* sebesar 2,3549% dan opsi *Put* sebesar 1,2658%. Sehingga metode *Monte Carlo* tidak efisien ketika dieksekusi pada awal dan pertengahan

sebelum jatuh tempo. Selain itu, sifat konvergen dari metode ini juga terlihat jelas melalui pola pergerakan harga opsi yang semakin stabil dan cenderung mengikuti atau mendekati garis hasil metode *Black-Scholes*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode *Monte Carlo* tidak hanya akurat dalam menghasilkan estimasi harga *American option*, tetapi juga menunjukkan konvergensi yang kuat terhadap solusi teoritis, menjadikannya metode yang andal untuk digunakan dalam konteks opsi yang kompleks. Namun, metode *Monte Carlo* tidak efektif ketika dieksekusi pada *American option* dengan hari yang sedikit. Karena semakin banyaknya rentang waktu, maka semakin bagus untuk memperoleh harga opsi, serta MAPE nya.

5.2 Saran

Pada penelitian ini menggunakan metode *Monte Carlo* dengan banyak 10000 simulasi pada *American option*. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode yang lebih tinggi dari *Monte Carlo* seperti teknik *anthitetic variate*, *halton*, dan *sobol*. Karena dalam metode *Monte Carlo* terdapat bilangan yang langsung acak sehingga perlu berulang kali agar mendapatkan hasil yang optimal pada opsi, baik *Call* maupun *Put*. Disarankan juga penelitian berikutnya untuk menggunakan opsi *Bermudan option*, *Asia option*, dan *Binary option*, serta opsi-opsi lainnya,

DAFTAR PUSTAKA

- Agnis Sutarno, Y., Asih I Maruddani, D., & Sugito. (2014). *Valuasi Compound Option Put On Put Tipe Eropa*. 3, 509–518. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Alghalith, M. (2018a). *Pricing the American options: A closed-form, simple formula Moawia Alghalith*. 2018, 1–10.
- Alghalith, M. (2018b). Pricing the American options using the Black–Scholes pricing formula. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 507, 443–445. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.05.087>
- Anwar, A. M. (2021). Pengaruh Current Ratio, Debt To Equity, dan Return On Assets Terhadap Harga Saham (Studi kasus pada perusahaan sektor makanan dan minuman yang terdaftar di BEI tahun 2017-2019). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Akuntansi*, 1(2), 146–157.
- Aziz, A. (2009). Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model black-Scholes. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi*, 1(1), 15–24. <https://doi.org/10.18860/ca.v1i1.1702>
- Berutu, A. G. (2020). Memahami Saham Syariah: Kajian Atas aspek legal dalam pandangan Hukum Islam di Indonesia. *Veritas*, 6(2), 160–186. <https://doi.org/10.34005/veritas.v6i2.599>
- Brockopp, D. Y. (1999). *Dasar-Dasar Riset Keperawatan*. Egc. <https://books.google.co.id/books?id=GYy-ujHkEdoC>
- C. Hull, J. (2012). Options, Futures, and Other Derivatives. In *AMBER – ABBS Management Business and Entrepreneurship Review*. <https://doi.org/10.23874/amber/2016/v7/i1/121351>
- Dewi, D. C., & Sumijan. (2020). Simulasi Monte Carlo dalam Mengidentifikasi Peningkatan Penjualan Tanaman Mawar (Studi Kasus di Toko Bunga 5 Bersaudara Kota Solok). *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 3, 60–65. <https://doi.org/10.37034/infeb.v3i2.67>
- Djou, D. R., Pudjiono, V. R., Ali, S., & Opsi, P. (2021). *Penetapan Harga Merupakan Salah Satu Keputusan penting dalam pemasaran global*. 1, 510–527.
- Firdaus, F. D. N. (2013). *Aplikasi Metode Monte Carlo Pada Penentuan Harga Opsi Eropa*. <https://repository.upi.edu/354/>
- Fita Sari, N. (2012). *Analisis Pengaruh Der, Cr, Roe, dan Tat Terhadap Return Saham*. <https://repofeb.undip.ac.id/id/eprint/4885>
- Fu, M., Laprise, S., Madan, D., Su, Y., & Wu, R. (2001). Pricing American options: a comparison of Monte Carlo simulation approaches. *The Journal of Computational Finance*, 4(3), 39–88. <https://doi.org/10.21314/jcf.2001.066>
- Halim, A. (2024). *Analisis Investasi dan Aplikasinya: dalam Aset Keuangan dan Aset Riil Edisi 3*. Penerbit Salemba. <https://books.google.co.id/books?id=RK4NEQAAQBAJ>
- Handini, S. (2020). *Manajemen Keuangan*. Scopindo Media Pustaka. https://books.google.co.id/books?id=_2b-DwAAQBAJ
- Hull, J. (2012). *Options, Futures, and Other Derivatives* (8th ed.). Pearson.
- J. Higham, D. (2004). An Introduction to Financial Option Valuation. In *Sustainability (Switzerland)*.

- Jamaluddin, S. E. M. M. (2023). *Manajemen Keuangan: Ringkasan Teori, Soal dan Penyelesaian*. wawasan Ilmu.
<https://books.google.co.id/books?id=XWfeEAAAQBAJ>
- Judokusumo, S. (2007). *Pengantar Derivatif Dlm Moneter Internas*. Grasindo.
<https://books.google.co.id/books?id=4YBeo9JRsaC>
- Kamila, E.H. Nugrahani, D. C. L. (2017). *Metode monte carlo untuk menentukan harga opsi barrier dengan suku bunga takkonstan*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jmap.16.1.55-68>
- Kementerian Agama, R. (2017). *Al-Qur'an dan Terjemah dilengkapi Panduan Waqaf & Ibtida'*. PT. Suara Agung.
- Khairina, D. M., Muaddam, A., Maharani, S., & Rahmania, H. (2019). Forecasting of Groundwater Tax Revenue Using Single Exponential Smoothing Method. *E3S Web of Conferences*, 125(2019), 1–5.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912523006>
- Linanda, R., & Afriyenis, W. (2018). Pengaruh struktur modal dan profitabilitas terhadap harga saham. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Islam*, 3(1), 135–144.
- Maharani, S., & Suprpto, E. (2018). Analisis Numerik. In *The Modern Language Review*. www.aemediagrafika.com
- Megis, F. F., & Arnellis, A. (2022). Analisis Metode Black-Scholes dan Monte Carlo Terhadap Penentuan Opsi Jual Eropa. *Journal of Mathematics UNP*, 7(4), 50. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v7i4.13850>
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulachi, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. John Wiley & Sons Inc.
<https://books.google.co.id/books?id=Xeh8CAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Mooy, N. M., Rusgiyono, A., & Rahmawati, R. (2017). Penentuan Harga Opsi Put dan Call Tipe Eropa Terhadap Saham Menggunakan Model Black-scholes. *Gaussian*, 6(3), 407–417. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Mufidah, N., & Yuliana, I. (2020). *Peran Moderasi Dividend Payout Ratio Terhadap Hubungan Profitabilitas Dengan Return Saham (Studi Pada Perusahaan Manufaktur yang Terdaftar di Sektor Industri Barang Konsumsi Periode Tahun 2016-2018)*. 10(2), 105–116.
<https://doi.org/10.26460/jm.v10i2.1324>
- Nur Sholihat, N. (2021). *Analisis Investasi Saham dalam Sistem Hukum Ekonomi Syariah: Sebuah Syarah Hadis Pendekatan Isu Kontempore*. 1(April), 157–166. <https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/jra%0AAnalisis>
- Partomuan, F. T. (2021). Pengaruh Cr, Der Dan Roe Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Sub Sektor Konstruksi Yang Terdaftar Di Indeks Idx Value 30 Periode 2015-2019. *JIMEN Jurnal Inovatif Mahasiswa Manajemen*, 1(3), 242–255. <https://doi.org/https://doi.org/10.35968/4dwktp28>
- Puji Gumati, N. (2013). Novianndhini Puji Gumati, 2013 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu. *Aplikasi Metode Monte Carlo Pada Penentuan Harga Opsi Amerika*, 25.
<https://repository.upi.edu/3512/>
- Rachmawati, R., Ariyandani, N., Rahayu, D. H., Fitriani, N., Muchayatin, M., Munizu, M., Parju, P., Setyobudi, S., Ginanjar, R., & others. (2024). *Manajemen Keuangan : Strategi Mengelola Keuangan dengan Efisien dan Efektif*. PT. Green Pustaka Indonesia.

- <https://books.google.co.id/books?id=uooJEQAAQBAJ>
- Ruppert, D., & Matteson, D. S. (2015). *Statistics and Data Analysis for Financial Engineering: With R Examples*. Springer.
- <https://books.google.co.id/books?id=cB4jtAEACAAJ>
- Suprayogi, Y., Nugraha, N., Sari, M., & Ningsih, N. H. (2022). Penentuan Harga Opsi Put dan Call Terhadap Saham Nokia dengan Menggunakan Model Black-Scholes. *Indonesian Journal of Strategic Management*, 5(2), 211–221. <https://doi.org/10.25134/ijsm.v5i2.7285>
- Suwanda, H. (2011). *Tetap Untung Ketika Saham Turun*. Gramedia Pustaka Utama. <https://books.google.co.id/books?id=IRScWXgzgKAC>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Saham Microsoft Corporation (MFST)

No	Date	Price	No	Date	Price	No	Date	Price
1	11/01/2022	228,17	40	12/27/2022	236,96	79	02/23/2023	254,77
2	11/02/2022	220,1	41	12/28/2022	234,53	80	02/24/2023	249,22
3	11/03/2022	214,25	42	12/29/2022	241,01	81	02/27/2023	250,16
4	11/04/2022	221,39	43	12/30/2022	239,82	82	02/28/2023	249,42
5	11/07/2022	227,87	44	01/03/2023	239,58	83	03/01/2023	246,27
6	11/08/2022	228,87	45	01/04/2023	229,1	84	03/02/2023	251,11
7	11/09/2022	224,51	46	01/05/2023	222,31	85	03/03/2023	255,29
8	11/10/2022	242,98	47	01/06/2023	224,93	86	03/06/2023	256,87
9	11/11/2022	247,11	48	01/09/2023	227,12	87	03/07/2023	254,15
10	11/14/2022	241,55	49	01/10/2023	228,85	88	03/08/2023	253,7
11	11/15/2022	241,97	50	01/11/2023	235,77	89	03/09/2023	252,32
12	11/16/2022	241,73	51	01/12/2023	238,51	90	03/10/2023	248,59
13	11/17/2022	241,68	52	01/13/2023	239,23	91	03/13/2023	253,92
14	11/18/2022	241,22	53	01/17/2023	240,35	92	03/14/2023	260,79
15	11/21/2022	242,05	54	01/18/2023	235,81	93	03/15/2023	265,44
16	11/22/2022	245,03	55	01/19/2023	231,93	94	03/16/2023	276,2
17	11/23/2022	247,58	56	01/20/2023	240,22	95	03/17/2023	279,43
18	11/25/2022	247,49	57	01/23/2023	242,58	96	03/20/2023	272,23
19	11/28/2022	241,76	58	01/24/2023	242,04	97	03/21/2023	273,78
20	11/29/2022	240,33	59	01/25/2023	240,61	98	03/22/2023	272,29
21	11/30/2022	255,14	60	01/26/2023	248	99	03/23/2023	277,66
22	12/01/2022	254,69	61	01/27/2023	248,16	100	03/24/2023	280,57
23	12/02/2022	255,02	62	01/30/2023	242,71	101	03/27/2023	276,38
24	12/05/2022	250,2	63	01/31/2023	247,81	102	03/28/2023	275,23
25	12/06/2022	245,12	64	02/01/2023	252,75	103	03/29/2023	280,51
26	12/07/2022	244,37	65	02/02/2023	264,6	104	03/30/2023	284,05
27	12/08/2022	247,4	66	02/03/2023	258,35	105	03/31/2023	288,3
28	12/09/2022	245,42	67	02/06/2023	256,77	106	04/03/2023	287,23
29	12/12/2022	252,51	68	02/07/2023	267,56	107	04/04/2023	287,18
30	12/13/2022	256,92	69	02/08/2023	266,73	108	04/05/2023	284,34
31	12/14/2022	257,22	70	02/09/2023	263,62	109	04/06/2023	291,6
32	12/15/2022	249,01	71	02/10/2023	263,1	110	04/10/2023	289,39
33	12/16/2022	244,69	72	02/13/2023	271,32	111	04/11/2023	282,83
34	12/19/2022	240,45	73	02/14/2023	272,17	112	04/12/2023	283,49
35	12/20/2022	241,8	74	02/15/2023	269,32	113	04/13/2023	289,84
36	12/21/2022	244,43	75	02/16/2023	262,15	114	04/14/2023	286,14
37	12/22/2022	238,19	76	02/17/2023	258,06	115	04/17/2023	288,8
38	12/23/2022	238,73	77	02/21/2023	252,67	116	04/18/2023	288,37
39	11/01/2022	228,17	78	02/22/2023	251,51	117	04/19/2023	288,45
118	04/21/2023	285,76	163	06/27/2023	334,57	208	08/30/2023	328,79

No	Date	Price	No	Date	Price	No	Date	Price
119	04/24/2023	281,77	164	06/28/2023	335,85	209	08/31/2023	327,76
120	04/25/2023	275,42	165	06/29/2023	335,05	210	09/01/2023	328,66
121	04/26/2023	295,37	166	06/30/2023	340,54	211	09/05/2023	333,55
122	04/27/2023	304,83	167	07/03/2023	337,99	212	09/06/2023	332,88
123	04/28/2023	307,26	168	07/05/2023	338,15	213	09/07/2023	329,91
124	05/01/2023	305,56	169	07/06/2023	341,27	214	09/08/2023	334,27
125	05/02/2023	305,41	170	07/07/2023	337,22	215	09/11/2023	337,94
126	05/03/2023	304,4	171	07/10/2023	331,83	216	09/12/2023	331,77
127	05/04/2023	305,41	172	07/11/2023	332,47	217	09/13/2023	336,06
128	05/05/2023	310,65	173	07/12/2023	337,2	218	09/14/2023	338,7
129	05/08/2023	308,65	174	07/13/2023	342,66	219	09/15/2023	330,22
130	05/09/2023	307	175	07/14/2023	345,24	220	09/18/2023	329,06
131	05/10/2023	312,31	176	07/17/2023	345,73	221	09/19/2023	328,65
132	05/11/2023	310,11	177	07/18/2023	359,49	222	09/20/2023	320,77
133	05/12/2023	308,97	178	07/19/2023	355,08	223	09/21/2023	319,53
134	05/15/2023	309,46	179	07/20/2023	346,87	224	09/22/2023	317,01
135	05/16/2023	311,74	180	07/21/2023	343,77	225	09/25/2023	317,54
136	05/17/2023	314	181	07/24/2023	345,11	226	09/26/2023	312,14
137	05/18/2023	318,52	182	07/25/2023	350,98	227	09/27/2023	312,79
138	05/19/2023	318,34	183	07/26/2023	337,77	228	09/28/2023	313,64
139	05/22/2023	321,18	184	07/27/2023	330,72	229	09/29/2023	315,75
140	05/23/2023	315,26	185	07/28/2023	338,37	230	10/02/2023	321,8
141	05/24/2023	313,85	186	07/31/2023	335,92	231	10/03/2023	313,39
142	05/25/2023	325,92	187	08/01/2023	336,34	232	10/04/2023	318,95
143	05/26/2023	332,89	188	08/02/2023	327,5	233	10/05/2023	319,36
144	05/30/2023	331,21	189	08/03/2023	326,66	234	10/06/2023	327,26
145	05/31/2023	328,39	190	08/04/2023	327,78	235	10/09/2023	329,82
146	06/01/2023	332,58	191	08/07/2023	330,11	236	10/10/2023	328,39
147	06/02/2023	335,4	192	08/08/2023	326,05	237	10/11/2023	332,42
148	06/05/2023	335,94	193	08/09/2023	322,23	238	10/12/2023	331,16
149	06/06/2023	333,68	194	08/10/2023	322,93	239	10/13/2023	327,73
150	06/07/2023	323,38	195	08/11/2023	321,01	240	10/16/2023	332,64
151	06/08/2023	325,26	196	08/14/2023	324,04	241	10/17/2023	332,06
152	06/09/2023	326,79	197	08/15/2023	321,86	242	10/18/2023	330,11
153	06/12/2023	331,85	198	08/16/2023	320,4	243	10/19/2023	331,32
154	06/13/2023	334,29	199	08/17/2023	316,88	244	10/20/2023	326,67
155	06/14/2023	337,34	200	08/18/2023	316,48	245	10/23/2023	329,32
156	06/15/2023	348,1	201	08/21/2023	321,88	246	10/24/2023	330,53
157	06/16/2023	342,33	202	08/22/2023	322,46	247	10/25/2023	340,67
158	06/20/2023	338,05	203	08/23/2023	327	248	10/26/2023	327,89
159	06/21/2023	333,56	204	08/24/2023	319,97	249	10/27/2023	329,81
160	06/22/2023	339,71	205	08/25/2023	322,98	250	10/30/2023	337,31
161	06/23/2023	335,02	206	08/28/2023	323,7	251	10/31/2023	338,11
162	06/26/2023	328,6	207	08/29/2023	328,41	252	11/01/2023	346,07

No	Date	Price	No	Date	Price	No	Date	Price
253	11/02/2023	348,32	298	01/09/2024	375,79	343	03/14/2024	425,22
254	11/03/2023	352,8	299	01/10/2024	382,77	344	03/15/2024	416,42
255	11/06/2023	356,53	300	01/11/2024	384,63	345	03/18/2024	417,32
256	11/07/2023	360,53	301	01/12/2024	388,47	346	03/19/2024	421,41
257	11/08/2023	363,2	302	01/16/2024	390,27	347	03/20/2024	425,23
258	11/09/2023	360,69	303	01/17/2024	389,47	348	03/21/2024	429,37
259	11/10/2023	369,67	304	01/18/2024	393,87	349	03/22/2024	428,74
260	11/13/2023	366,68	305	01/19/2024	398,67	350	03/25/2024	422,86
261	11/14/2023	370,27	306	01/22/2024	396,51	351	03/26/2024	421,65
262	11/15/2023	369,67	307	01/23/2024	398,9	352	03/27/2024	421,43
263	11/16/2023	376,17	308	01/24/2024	402,56	353	03/28/2024	420,72
264	11/17/2023	369,85	309	01/25/2024	404,87	354	04/01/2024	424,57
265	11/20/2023	377,44	310	01/26/2024	403,93	355	04/02/2024	421,44
266	11/21/2023	373,07	311	01/29/2024	409,72	356	04/03/2024	420,45
267	11/22/2023	377,85	312	01/30/2024	408,59	357	04/04/2024	417,88
268	11/24/2023	377,43	313	01/31/2024	397,58	358	04/05/2024	425,52
269	11/27/2023	378,61	314	02/01/2024	403,78	359	04/08/2024	424,59
270	11/28/2023	382,7	315	02/02/2024	411,22	360	04/09/2024	426,28
271	11/29/2023	378,85	316	02/05/2024	405,65	361	04/10/2024	423,26
272	11/30/2023	378,91	317	02/06/2024	405,49	362	04/11/2024	427,93
273	12/01/2023	374,51	318	02/07/2024	414,05	363	04/12/2024	421,9
274	12/04/2023	369,14	319	02/08/2024	414,11	364	04/15/2024	413,64
275	12/05/2023	372,52	320	02/09/2024	420,55	365	04/16/2024	414,58
276	12/06/2023	368,8	321	02/12/2024	415,26	366	04/17/2024	411,84
277	12/07/2023	370,95	322	02/13/2024	406,32	367	04/18/2024	404,27
278	12/08/2023	374,23	323	02/14/2024	409,49	368	04/19/2024	399,12
279	12/11/2023	371,3	324	02/15/2024	406,56	369	04/22/2024	400,96
280	12/12/2023	374,38	325	02/16/2024	404,06	370	04/23/2024	407,57
281	12/13/2023	374,37	326	02/20/2024	402,79	371	04/24/2024	409,06
282	12/14/2023	365,93	327	02/21/2024	402,18	372	04/25/2024	399,04
283	12/15/2023	370,73	328	02/22/2024	411,65	373	04/26/2024	406,32
284	12/18/2023	372,65	329	02/23/2024	410,34	374	04/29/2024	402,25
285	12/19/2023	373,26	330	02/26/2024	407,54	375	04/30/2024	389,33
286	12/20/2023	370,62	331	02/27/2024	407,48	376	05/01/2024	394,94
287	12/21/2023	373,54	332	02/28/2024	407,72	377	05/02/2024	397,84
288	12/22/2023	374,58	333	02/29/2024	413,64	378	05/03/2024	406,66
289	12/26/2023	374,66	334	03/01/2024	415,5	379	05/06/2024	413,54
290	12/27/2023	374,07	335	03/04/2024	414,92	380	05/07/2024	409,34
291	12/28/2023	375,28	336	03/05/2024	402,65	381	05/08/2024	410,54
292	12/29/2023	376,04	337	03/06/2024	402,09	382	05/09/2024	412,32
293	01/02/2024	370,87	338	03/07/2024	409,14	383	05/10/2024	414,74
294	01/03/2024	370,6	339	03/08/2024	406,22	384	05/13/2024	413,72
295	01/04/2024	367,94	340	03/11/2024	404,52	385	05/14/2024	416,56
296	01/05/2024	367,75	341	03/12/2024	415,28	386	05/15/2024	423,08

No	Date	Price	No	Date	Price	No	Date	Price
387	01/08/2024	374,69	342	03/13/2024	415,1	387	05/16/2024	420,99
388	05/17/2024	420,21	433	07/24/2024	428,9	478	09/26/2024	431,31
389	05/20/2024	425,34	434	07/25/2024	418,4	479	09/27/2024	428,02
390	05/21/2024	429,04	435	07/26/2024	425,27	480	09/30/2024	430,3
391	05/22/2024	430,52	436	07/29/2024	426,73	481	10/01/2024	420,69
392	05/23/2024	427	437	07/30/2024	422,92	482	10/02/2024	417,13
393	05/24/2024	430,16	438	07/31/2024	418,35	483	10/03/2024	416,54
394	05/28/2024	430,32	439	08/01/2024	417,11	484	10/04/2024	416,06
395	05/29/2024	429,17	440	08/02/2024	408,49	485	10/07/2024	409,54
396	05/30/2024	414,67	441	08/05/2024	395,15	486	10/08/2024	414,71
397	05/31/2024	415,13	442	08/06/2024	399,61	487	10/09/2024	417,46
398	06/03/2024	413,52	443	08/07/2024	398,43	488	10/10/2024	415,84
399	06/04/2024	416,07	444	08/08/2024	402,69	489	10/11/2024	416,32
400	06/05/2024	424,01	445	08/09/2024	406,02	490	10/14/2024	419,14
401	06/06/2024	424,52	446	08/12/2024	406,81	491	10/15/2024	418,74
402	06/07/2024	423,85	447	08/13/2024	414,01	492	10/16/2024	416,12
403	06/10/2024	427,87	448	08/14/2024	416,86	493	10/17/2024	416,72
404	06/11/2024	432,68	449	08/15/2024	421,03	494	10/18/2024	418,16
405	06/12/2024	441,06	450	08/16/2024	418,47	495	10/21/2024	418,78
406	06/13/2024	441,58	451	08/19/2024	421,53	496	10/22/2024	427,51
407	06/14/2024	442,57	452	08/20/2024	424,8	497	10/23/2024	424,6
408	06/17/2024	448,37	453	08/21/2024	424,14	498	10/24/2024	424,73
409	06/18/2024	446,34	454	08/22/2024	415,55	499	10/25/2024	428,15
410	06/20/2024	445,7	455	08/23/2024	416,79	500	10/28/2024	426,59
411	06/21/2024	449,78	456	08/26/2024	413,49	501	10/29/2024	431,95
412	06/24/2024	447,67	457	08/27/2024	413,84	502	10/30/2024	432,53
413	06/25/2024	450,95	458	08/28/2024	410,6	503	10/31/2024	406,35
414	06/26/2024	452,16	459	08/29/2024	413,12	478	09/26/2024	431,31
415	06/27/2024	452,85	460	08/30/2024	417,14	479	09/27/2024	428,02
416	06/28/2024	446,95	461	09/03/2024	409,44	480	09/30/2024	430,3
417	07/01/2024	456,73	462	09/04/2024	408,9	481	10/01/2024	420,69
418	07/02/2024	459,28	463	09/05/2024	408,39	482	10/02/2024	417,13
419	07/03/2024	460,77	464	09/06/2024	401,7	483	10/03/2024	416,54
420	07/05/2024	467,56	465	09/09/2024	405,72	484	10/04/2024	416,06
421	07/08/2024	466,24	466	09/10/2024	414,2	485	10/07/2024	409,54
422	07/09/2024	459,54	467	09/11/2024	423,04	486	10/08/2024	414,71
423	07/10/2024	466,25	468	09/12/2024	427	487	10/09/2024	417,46
424	07/11/2024	454,7	469	09/13/2024	430,59	488	10/10/2024	415,84
425	07/12/2024	453,55	470	09/16/2024	431,34	489	10/11/2024	416,32
426	07/15/2024	453,96	471	09/17/2024	435,15	490	10/14/2024	419,14
427	07/16/2024	449,52	472	09/18/2024	430,81	491	10/15/2024	418,74
428	07/17/2024	443,52	473	09/19/2024	438,69	492	10/16/2024	416,12
429	07/18/2024	440,37	474	09/20/2024	435,27	493	10/17/2024	416,72
430	07/19/2024	437,11	475	09/23/2024	433,51	494	10/18/2024	418,16

No	Date	Price	No	Date	Price	No	Date	Price
431	07/22/2024	442,94	476	09/24/2024	429,17	495	10/21/2024	418,78
432	07/23/2024	444,85	477	09/25/2024	432,11	496	10/22/2024	427,51
497	10/23/2024	424,6	500	10/28/2024	426,59	502	10/30/2024	432,53
498	10/24/2024	424,73	501	10/29/2024	431,95	503	10/31/2024	406,35
499	10/25/2024	428,15						

Lampiran 2, OutPut Perhitungan Return Saham Microsoft Corporation (MFST)

t	R_t	t	R_t	t	R_t	t	R_t
1	-0,036009	40	0,02725	79	0,00376	118	-0,01406
2	-0,026938	41	-0,00495	80	-0,00296	119	-0,02279
3	0,032782	42	-0,00100	81	-0,01271	120	0,06993
4	0,028849	43	-0,04473	82	0,01946	121	0,03153
5	0,004379	44	-0,03009	83	0,01651	122	0,00794
6	-0,019234	45	0,01172	84	0,00617	123	-0,00555
7	0,079059	46	0,00969	85	-0,01065	124	-0,00049
8	0,016854	47	0,00759	86	-0,00177	125	-0,00331
9	-0,022757	48	0,02979	87	-0,00545	126	0,00331
10	0,001737	49	0,01155	88	-0,01489	127	0,01701
11	-0,000992	50	0,00301	89	0,02121	128	-0,00646
12	-0,000207	51	0,00467	90	0,02670	129	-0,00536
13	-0,001905	52	-0,01907	91	0,01767	130	0,01715
14	0,003435	53	-0,01659	92	0,03974	131	-0,00707
15	0,012236	54	0,03512	93	0,01163	132	-0,00368
16	0,010353	55	0,00978	94	-0,02610	133	0,00158
17	-0,000364	56	-0,00223	95	0,00568	134	0,00734
18	-0,023425	57	-0,00593	96	-0,00546	135	0,00722
19	-0,005933	58	0,03025	97	0,01953	136	0,01429
20	0,059799	59	0,00064	98	0,01043	137	-0,00057
21	-0,001765	60	-0,02221	99	-0,01505	138	0,00888
22	0,001295	61	0,02080	100	-0,00417	139	-0,01860
23	-0,019081	62	0,01974	101	0,01900	140	-0,00448
24	-0,020513	63	0,04582	102	0,01254	141	0,03774
25	-0,003064	64	-0,02390	103	0,01485	142	0,02116
26	0,012323	65	-0,00613	104	-0,00372	143	-0,00506
27	-0,008035	66	0,04116	105	-0,00017	144	-0,00855
28	0,028480	67	-0,00311	106	-0,00994	145	0,01268
29	0,017314	68	-0,01173	107	0,02521	146	0,00844
30	0,001167	69	-0,00197	108	-0,00761	147	0,00161
31	-0,032439	70	0,03076	109	-0,02293	148	-0,00675
32	-0,017501	71	0,00313	110	0,00233	149	-0,03135
33	-0,017480	72	-0,01053	111	0,02215	150	0,00580
34	0,005599	73	-0,02698	112	-0,01285	151	0,00469
35	0,010818	74	-0,01572	113	0,00925	152	0,01537
36	-0,025860	75	-0,02111	114	-0,00149	153	0,00733
37	0,002265	76	-0,00460	115	0,00028	154	0,00908
38	-0,007442	77	0,01288	116	-0,00815	155	0,03140
39	-0,010308	78	-0,02203	117	-0,00122	156	-0,01671

t	R_t	t	R_t	t	R_t	t	R_t
157	-0,01258	197	-0,00455	237	-0,00380	277	0,00880
158	-0,01337	198	-0,01105	238	-0,01041	278	-0,00786
159	0,01827	199	-0,00126	239	0,01487	279	0,00826
160	-0,01390	200	0,01692	240	-0,00175	280	-0,00003
161	-0,01935	201	0,00180	241	-0,00589	281	-0,02280
162	0,01800	202	0,01398	242	0,00366	282	0,01303
163	0,00382	203	-0,02173	243	-0,01413	283	0,00517
164	-0,00238	204	0,00936	244	0,00808	284	0,00164
165	0,01625	205	0,00223	245	0,00367	285	-0,00710
166	-0,00752	206	0,01445	246	0,03022	286	0,00785
167	0,00047	207	0,00116	247	-0,03824	287	0,00278
168	0,00918	208	-0,00314	248	0,00584	288	0,00021
169	-0,01194	209	0,00274	249	0,02249	289	-0,00158
170	-0,01611	210	0,01477	250	0,00237	290	0,00323
171	0,00193	211	-0,00201	251	0,02327	291	0,00202
172	0,01413	212	-0,00896	252	0,00648	292	-0,01384
173	0,01606	213	0,01313	253	0,01278	293	-0,00073
174	0,00750	214	0,01092	254	0,01052	294	-0,00720
175	0,00142	215	-0,01843	255	0,01116	295	-0,00052
176	0,03903	216	0,01285	256	0,00738	296	0,01870
177	-0,01234	217	0,00783	257	-0,00693	297	0,00293
178	-0,02339	218	-0,02536	258	0,02459	298	0,01840
179	-0,00898	219	-0,00352	259	-0,00812	299	0,00485
180	0,00389	220	-0,00125	260	0,00974	300	0,00993
181	0,01687	221	-0,02427	261	-0,00162	301	0,00462
182	-0,03836	222	-0,00387	262	0,01743	302	-0,00205
183	-0,02109	223	-0,00792	263	-0,01694	303	0,01123
184	0,02287	224	0,00167	264	0,02031	304	0,01211
185	-0,00727	225	-0,01715	265	-0,01165	305	-0,00543
186	0,00125	226	0,00208	266	0,01273	306	0,00601
187	-0,02663	227	0,00271	267	-0,00111	307	0,00913
188	-0,00257	228	0,00670	268	0,00312	308	0,00572
189	0,00342	229	0,01898	269	0,01074	309	-0,00232
190	0,00708	230	-0,02648	270	-0,01011	310	0,01423
191	-0,01238	231	0,01759	271	0,00016	311	-0,00276
192	-0,01179	232	0,00128	272	-0,01168	312	-0,02732
193	0,00217	233	0,02444	273	-0,01444	313	0,01547
194	-0,00596	234	0,00779	274	0,00911	314	0,01826
195	0,00939	235	-0,00435	275	-0,01004	315	-0,01364
196	-0,00675	236	0,01220	276	0,00581	316	-0,00039

t	R_t	t	R_t	t	R_t	t	R_t
317	0,02089	357	0,01812	397	-0,00389	437	-0,01086
318	0,00014	358	-0,00219	398	0,00615	438	-0,00297
319	0,01543	359	0,00397	399	0,01890	439	-0,02088
320	-0,01266	360	-0,00711	400	0,00120	440	-0,03320
321	-0,02176	361	0,01097	401	-0,00158	441	0,01122
322	0,00777	362	-0,01419	402	0,00944	442	-0,00296
323	-0,00718	363	-0,01977	403	0,01118	443	0,01064
324	-0,00617	364	0,00227	404	0,01918	444	0,00824
325	-0,00315	365	-0,00663	405	0,00118	445	0,00194
326	-0,00152	366	-0,01855	406	0,00224	446	0,01754
327	0,02327	367	-0,01282	407	0,01302	447	0,00686
328	-0,00319	368	0,00460	408	-0,00454	448	0,00995
329	-0,00685	369	0,01635	409	-0,00143	449	-0,00610
330	-0,00015	370	0,00365	410	0,00911	450	0,00729
331	0,00059	371	-0,02480	411	-0,00470	451	0,00773
332	0,01442	372	0,01808	412	0,00730	452	-0,00155
333	0,00449	373	-0,01007	413	0,00268	453	-0,02046
334	-0,00140	374	-0,03265	414	0,00152	454	0,00298
335	-0,03002	375	0,01431	415	-0,01311	455	-0,00795
336	-0,00139	376	0,00732	416	0,02165	456	0,00085
337	0,01738	377	0,02193	417	0,00557	457	-0,00786
338	-0,00716	378	0,01678	418	0,00324	458	0,00612
339	-0,00419	379	-0,01021	419	0,01463	459	0,00968
340	0,02625	380	0,00293	420	-0,00283	460	-0,01863
341	-0,00043	381	0,00433	421	-0,01447	461	-0,00132
342	0,02409	382	0,00585	422	0,01450	462	-0,00125
343	-0,02091	383	-0,00246	423	-0,02508	463	-0,01652
344	0,00216	384	0,00684	424	-0,00253	464	0,00996
345	0,00975	385	0,01553	425	0,00090	465	0,02069
346	0,00902	386	-0,00495	426	-0,00983	466	0,02112
347	0,00969	387	-0,00185	427	-0,01344	467	0,00932
348	-0,00147	388	0,01213	428	-0,00713	468	0,00837
349	-0,01381	389	0,00866	429	-0,00743	469	0,00174
350	-0,00287	390	0,00344	430	0,01325	470	0,00879
351	-0,00052	391	-0,00821	431	0,00430	471	-0,01002
352	-0,00169	392	0,00737	432	-0,03651	472	0,01813
353	0,00911	393	0,00037	433	-0,02479	473	-0,00783
354	-0,00740	394	-0,00268	434	0,01629	474	-0,00405
355	-0,00235	395	-0,03437	435	0,00343	475	-0,01006
356	-0,00613	396	0,00111	436	-0,00897	476	0,00683

t	R_t	t	R_t	t	R_t	t	R_t
477	-0,00185	485	0,01254	495	0,02063	501	0,00134
478	-0,00766	486	0,00661	496	-0,00683	502	-0,06244
479	0,00531	487	-0,00389	497	0,00031		
480	-0,02259	488	0,00115	498	0,00802		
481	-0,00850	489	0,00675	499	-0,00365		
482	-0,00142	490	-0,00095	500	0,01249		
483	-0,00115	491	-0,00628				
484	-0,01579	492	0,00144				

Lampiran 3, Harga *American Option*

<i>M</i>	<i>Call_D1</i>	<i>Call_D126</i>	<i>Call_D252</i>	<i>Put_D1</i>	<i>Put_D126</i>	<i>Put_D252</i>
1000	0,00000	16,34119	28,36336	28,51402	44,57592	56,68882
1100	0,00000	17,78614	28,50501	28,84695	44,40746	55,15929
1200	0,00000	17,97626	30,56283	28,33205	43,25952	53,20159
1300	0,00000	16,94606	26,99585	28,79116	45,88363	56,47836
1400	0,00000	17,24215	28,49667	28,54770	45,98979	57,49540
1500	0,00000	16,35650	27,70739	28,83891	43,78763	55,20984
1600	0,00000	16,74971	29,55267	28,70187	45,74296	55,90747
1700	0,00000	16,16257	28,65422	28,79309	45,95621	56,20342
1800	0,00000	17,25838	28,65253	28,47442	44,27646	56,54742
1900	0,00000	16,74363	29,76471	28,58718	45,85470	56,41599
2000	0,00000	15,80005	27,84916	28,59087	46,44761	57,39199
2100	0,00000	16,02291	26,98354	28,73326	47,58605	58,08283
2200	0,00000	17,37842	27,78712	28,47527	43,92999	55,17548
2300	0,00000	16,08267	28,47643	28,48376	45,75588	56,83206
2400	0,00000	17,18258	27,88757	28,67480	45,45039	56,53634
2500	0,00112	16,23890	27,71765	28,70864	45,51374	56,92282
2600	0,00000	15,73369	24,42638	28,53381	47,03364	60,29533
2700	0,00000	15,89860	27,91642	28,74688	44,26959	55,24456
2800	0,00000	16,42113	29,18317	28,52379	44,77945	56,45515
2900	0,00000	17,08176	28,25464	28,63044	43,19434	54,62831
3000	0,00000	17,24782	27,46557	28,86342	45,45772	57,36980
3100	0,00000	16,28435	27,09875	28,53048	46,00393	57,78629
3200	0,00000	16,66538	27,36422	28,59062	45,37361	57,66063
3300	0,00000	17,51142	28,94051	28,70653	45,78339	55,33871
3400	0,00000	16,78416	28,33100	28,60832	44,84167	56,40063
3500	0,00000	16,27587	26,98647	28,65220	45,43967	57,15969
3600	0,00000	16,31209	27,55905	28,78779	45,00952	56,77161
3700	0,00000	17,57903	27,92244	28,57171	45,64687	56,47072
3800	0,00000	16,92031	27,65920	28,50767	44,98487	57,43174
3900	0,00000	16,71384	29,05635	28,67359	45,64564	56,20693
4000	0,00000	16,50260	28,64604	28,56151	44,88715	56,50834
4100	0,00000	17,47636	29,45622	28,45602	44,99307	56,65337
4200	0,00000	16,32480	27,00376	28,79197	45,64020	55,04059
4300	0,00000	17,96789	27,73545	28,65439	44,52014	56,45317
4400	0,00000	17,79433	28,39742	28,70864	44,68636	56,80745
4500	0,00000	17,60143	28,58101	28,79499	45,07471	55,99927
4600	0,00000	17,89619	27,90660	28,75579	44,68308	54,44794
4700	0,00000	16,95829	27,98901	28,72839	44,98642	57,02552
4800	0,00000	16,94662	28,10984	28,67068	45,70796	56,42255

<i>M</i>	<i>Call_D1</i>	<i>Call_D126</i>	<i>Call_D252</i>	<i>Put_D1</i>	<i>Put_D126</i>	<i>Put_D252</i>
4900	0,00000	16,31280	28,00043	28,53986	45,20864	56,56644
5000	0,00000	16,33318	28,00426	28,58067	46,37071	57,03790
5100	0,00000	16,89500	29,85325	28,52378	44,81787	55,52695
5200	0,00000	16,43952	26,43926	28,77721	46,32544	57,72480
5300	0,00000	17,07848	27,93378	28,52071	45,14645	55,51593
5400	0,00000	17,29888	29,18969	28,52583	44,16582	54,67225
5500	0,00000	17,03449	28,77641	28,74641	45,08634	56,77522
5600	0,00000	17,04463	29,34884	28,66090	45,03268	55,98433
5700	0,00000	17,41408	29,67206	28,49551	45,23373	56,18915
5800	0,00000	16,63913	29,25364	28,55199	44,51951	55,05511
5900	0,00000	16,82426	28,39493	28,72678	45,20663	55,77926
6000	0,00000	15,87896	26,24102	28,58765	45,27695	56,73139
6100	0,00000	16,84471	27,98528	28,62005	44,58783	55,37360
6200	0,00000	17,46429	28,74236	28,56495	44,54955	56,45711
6300	0,00000	16,42537	27,91181	28,70716	45,70404	57,07528
6400	0,00000	17,49656	28,78429	28,49355	44,44229	55,90560
6500	0,00000	16,45380	26,58736	28,58462	45,25540	56,09250
6600	0,00000	16,82951	27,93955	28,65056	45,35145	56,60675
6700	0,00000	17,64452	29,30260	28,64047	45,72927	56,29649
6800	0,00000	17,21773	28,29450	28,72528	44,30696	55,78418
6900	0,00000	16,48522	27,45303	28,67382	46,08516	55,93750
7000	0,00000	17,23237	28,81148	28,69921	45,41933	55,61619
7100	0,00000	16,79447	27,73187	28,67380	45,22310	57,15192
7200	0,00000	17,11638	28,28288	28,57568	45,50930	56,55474
7300	0,00000	16,11034	27,30968	28,67435	44,93347	55,79584
7400	0,00000	17,54664	28,28447	28,69101	44,72964	55,34627
7500	0,00000	17,18653	28,76753	28,68152	45,26120	55,53839
7600	0,00000	16,40665	27,70560	28,65460	45,22444	56,60574
7700	0,00000	16,73235	27,97102	28,70511	45,50243	56,85491
7800	0,00000	17,29683	28,60936	28,69451	43,69505	55,27339
7900	0,00000	16,78067	28,79896	28,57517	44,06786	56,45929
8000	0,00000	16,94473	28,50915	28,70819	44,66541	55,74885
8100	0,00000	16,07047	26,92119	28,46457	45,33300	56,99481
8200	0,00000	17,11144	27,71529	28,61468	45,74735	56,99513
8300	0,00000	16,37565	27,71856	28,46228	44,75491	57,17721
8400	0,00000	16,78874	28,43660	28,69004	45,24674	55,98032
8500	0,00000	17,18761	28,26794	28,54454	44,16507	54,76810
8600	0,00000	16,38664	28,27249	28,73386	46,24558	56,77423
8700	0,00000	16,17238	27,66282	28,70016	45,72792	56,69123
8800	0,00000	17,12452	28,72950	28,54473	44,24391	55,13822

<i>M</i>	<i>Call_D1</i>	<i>Call_D126</i>	<i>Call_D252</i>	<i>Put_D1</i>	<i>Put_D126</i>	<i>Put_D252</i>
8900	0,00000	16,19889	27,47780	28,66248	46,21790	56,85329
9000	0,00000	16,82253	27,76572	28,66981	45,08739	56,55196
9100	0,00000	16,65850	27,60063	28,64995	45,78584	56,96824
9200	0,00000	16,95485	28,13922	28,65750	44,92662	56,76279
9300	0,00000	16,48484	27,24869	28,64737	45,29122	55,14546
9400	0,00000	16,63677	28,84432	28,73004	44,86530	56,85742
9500	0,00000	16,76288	28,07146	28,55324	45,03685	55,62592
9600	0,00000	16,24149	26,50464	28,67574	45,73224	57,29273
9700	0,00000	17,25317	28,45107	28,59559	44,90069	55,06729
9800	0,00000	16,51801	27,32777	28,66108	45,42690	56,30261
9900	0,00000	17,43443	28,48016	28,64358	45,26994	56,25989
10000	0,00000	16,58214	28,51799	28,59618	45,29625	56,40486

Lampiran 4, Error Harga *American Option*

M	Err_C1	Err_C126	Err_C252	Err_P1	Err_P126	Err_P252
1000	1,00000	0,41855	0,00923	0,49327	0,20783	0,00744
1100	1,00000	0,36713	0,01427	0,48735	0,21082	0,01974
1200	1,00000	0,36037	0,08749	0,49650	0,23122	0,05454
1300	1,00000	0,39703	0,03943	0,48834	0,18601	0,00370
1400	1,00000	0,38649	0,01397	0,49267	0,18270	0,02177
1500	1,00000	0,41412	0,01412	0,48749	0,22326	0,01885
1600	1,00000	0,40401	0,05154	0,48993	0,18709	0,00645
1700	1,00000	0,42490	0,01958	0,48831	0,18330	0,00119
1800	1,00000	0,38591	0,01951	0,49397	0,21315	0,00492
1900	1,00000	0,40423	0,05909	0,49197	0,18510	0,00259
2000	1,00000	0,43780	0,00907	0,49199	0,17456	0,01993
2100	1,00000	0,42987	0,03987	0,48937	0,15433	0,03221
2200	1,00000	0,38164	0,01128	0,49396	0,21930	0,01946
2300	1,00000	0,42775	0,01325	0,49380	0,18686	0,00423
2400	1,00000	0,38861	0,00770	0,49041	0,19228	0,00473
2500	0,99996	0,42219	0,01375	0,48981	0,19116	0,01160
2600	1,00000	0,44016	0,13086	0,49292	0,16415	0,07153
2700	1,00000	0,43430	0,00668	0,48913	0,21327	0,01823
2800	1,00000	0,41570	0,03840	0,49309	0,20421	0,00329
2900	1,00000	0,39220	0,00536	0,49120	0,23238	0,02918
3000	1,00000	0,38629	0,02272	0,49168	0,19215	0,01954
3100	1,00000	0,42057	0,03577	0,49297	0,18245	0,00860
3200	1,00000	0,40701	0,02633	0,49191	0,19365	0,02471
3300	1,00000	0,37691	0,02976	0,48985	0,18637	0,01656
3400	1,00000	0,40279	0,00807	0,49159	0,20981	0,00232
3500	1,00000	0,42087	0,03977	0,49081	0,19248	0,01581
3600	1,00000	0,41958	0,01939	0,48840	0,20012	0,00891
3700	1,00000	0,37450	0,00646	0,49224	0,18879	0,00356
3800	1,00000	0,39794	0,01583	0,49345	0,20056	0,02064
3900	1,00000	0,40529	0,03388	0,49038	0,18881	0,00113
4000	1,00000	0,41280	0,01928	0,49242	0,20229	0,00423
4100	1,00000	0,37816	0,04811	0,49430	0,20041	0,00681
4200	1,00000	0,41913	0,03915	0,48833	0,18891	0,02185
4300	1,00000	0,36067	0,01312	0,49077	0,20882	0,00325
4400	1,00000	0,40242	0,01044	0,48981	0,20586	0,00955
4500	1,00000	0,37371	0,01697	0,48827	0,19896	0,00482
4600	1,00000	0,36322	0,00703	0,48897	0,20592	0,03239
4700	1,00000	0,39659	0,00409	0,48946	0,20053	0,01342
4800	1,00000	0,39701	0,00829	0,49048	0,18771	0,00661

M	Err C1	Err C126	Err C252	Err P1	Err P126	Err P252
4900	1,00000	0,41956	0,00369	0,49281	0,19672	0,00526
5000	1,00000	0,41883	0,00355	0,49208	0,17593	0,01364
5100	1,00000	0,39884	0,03377	0,49309	0,20353	0,01321
5200	1,00000	0,41505	0,05924	0,48859	0,17673	0,02585
5300	1,00000	0,39231	0,00606	0,49315	0,19769	0,01341
5400	1,00000	0,38447	0,03863	0,49306	0,21511	0,02840
5500	1,00000	0,39388	0,02392	0,48914	0,19875	0,00897
5600	1,00000	0,39352	0,04429	0,49366	0,19971	0,00508
5700	1,00000	0,38037	0,05579	0,49068	0,19614	0,00144
5800	1,00000	0,40795	0,04690	0,49259	0,20883	0,03937
5900	1,00000	0,40136	0,01035	0,48949	0,19662	0,00873
6000	1,00000	0,43499	0,06629	0,49196	0,19537	0,00819
6100	1,00000	0,40063	0,04230	0,49138	0,20761	0,01594
6200	1,00000	0,37859	0,02271	0,49236	0,20829	0,00332
6300	1,00000	0,41555	0,00684	0,48983	0,18778	0,01431
6400	1,00000	0,37744	0,02420	0,49363	0,21020	0,00648
6500	1,00000	0,41454	0,05397	0,49084	0,19575	0,00316
6600	1,00000	0,40117	0,00585	0,49201	0,19404	0,00598
6700	1,00000	0,40348	0,04265	0,49102	0,18733	0,00046
6800	1,00000	0,38736	0,00678	0,48951	0,21260	0,00864
6900	1,00000	0,41342	0,02317	0,49043	0,18243	0,00591
7000	1,00000	0,38684	0,02517	0,49158	0,19284	0,01162
7100	1,00000	0,40242	0,01324	0,49043	0,19632	0,01567
7200	1,00000	0,39096	0,00636	0,49217	0,19124	0,00505
7300	1,00000	0,42676	0,02827	0,49042	0,20147	0,00843
7400	1,00000	0,40384	0,00642	0,49012	0,20509	0,01642
7500	1,00000	0,38847	0,02361	0,49029	0,19565	0,01265
7600	1,00000	0,41622	0,01418	0,49077	0,19630	0,00596
7700	1,00000	0,40463	0,00473	0,48987	0,19136	0,00383
7800	1,00000	0,38454	0,01798	0,49006	0,22348	0,01772
7900	1,00000	0,40291	0,02472	0,49218	0,18842	0,00336
8000	1,00000	0,39707	0,01441	0,48980	0,21690	0,00927
8100	1,00000	0,42818	0,04209	0,49415	0,19437	0,01288
8200	1,00000	0,39114	0,01383	0,49148	0,18701	0,01288
8300	1,00000	0,41732	0,01372	0,49419	0,20464	0,01612
8400	1,00000	0,40262	0,01183	0,49014	0,19590	0,00515
8500	1,00000	0,38843	0,00583	0,49272	0,21513	0,02670
8600	1,00000	0,41693	0,00599	0,48936	0,17815	0,00896
8700	1,00000	0,42455	0,01570	0,48996	0,18735	0,00748
8800	1,00000	0,39068	0,02225	0,49272	0,21373	0,02012

M	Err C1	Err C126	Err C252	Err P1	Err P126	Err P252
8900	1,00000	0,42361	0,02228	0,49063	0,17864	0,01036
9000	1,00000	0,40142	0,01204	0,49050	0,19874	0,00501
9100	1,00000	0,40726	0,01791	0,49085	0,18632	0,01240
9200	1,00000	0,39671	0,00125	0,49072	0,20159	0,00875
9300	1,00000	0,41344	0,03044	0,49090	0,19511	0,01455
9400	1,00000	0,40803	0,04483	0,48943	0,20268	0,01043
9500	1,00000	0,40354	0,00116	0,49257	0,19963	0,01145
9600	1,00000	0,42209	0,05691	0,49039	0,18728	0,01817
9700	1,00000	0,38610	0,01235	0,49182	0,20205	0,02138
9800	1,00000	0,41226	0,02762	0,49065	0,19270	0,00057
9900	1,00000	0,37965	0,01338	0,49096	0,19549	0,00019
10000	1,00000	0,40997	0,01473	0,49181	0,19502	0,00239

Lampiran 5, Script Harga American Option Metode Monte Carlo

```

clc;
clear all;
% Parameter Opsi
S0 = 406,35;
K = 435;
r = 0,00115;
sigma = 0,24287;
T = 1;
N = 252;
M_random = 1000:100:10000;
dt = T / N;
stockPricesMC = cell(length(M_random), 1);
for idx = 1:length(M_random)
    M = M_random(idx);
    stockPricesMC{idx} = zeros(N+1, M);
    stockPricesMC{idx}(1, :) = S0;
    for m = 1:M
        for i = 1:N
            Z = randn;
            % Tambahan untuk menampilkan minimal 10 angka acak
            pertama
            if idx == 1 && m == 1 && i <= 10
                fprintf('Z[%d] = %,5f\n', i, Z);
            end
            stockPricesMC{idx}(i+1, m) = stockPricesMC{idx}(i, m)
            * exp((r - (sigma^2)/2) * dt + sigma * sqrt(dt) * Z);
        end
    end
end
d1 = (log(S0/K) + (r + (sigma^2)/2) * T) / (sigma * sqrt(T));
d2 = d1 - sigma * sqrt(T);
b = exp(0,5*(exp(r*T) - 1) * (1 - r) * T);
BS_Call_price = b * (S0 * normcdf(d1) - exp(-r * T) * K *
normcdf(d2));
BS_Put_price = b * (exp(-r * T) * K * normcdf(-d2) - S0 *
normcdf(-d1));
fprintf('\n=== Harga Black-Scholes ===\n');
fprintf('| %-6s | %-12s | %-12s |\n', 'Model', 'Call', 'Put');
fprintf('| %-6s | %-12,5f | %-12,5f |\n', 'BS', BS_Call_price,
BS_Put_price);
figure;
plot(0:N, stockPricesMC{end}, 'LineWidth', 1,5);
hold off;
xlim([0, N]);
xlabel('Partisi Waktu (1 Tahun)');
ylabel('Harga Saham');
title('Pergerakan Harga Saham Metode Monte Carlo Standar');
grid on;
days = [1, 126, 252];
payoffCall_MC = cell(length(M_random), 3);
payoffPut_MC = cell(length(M_random), 3);
priceCall_MC = zeros(length(M_random), 3);

```

```

pricePut_MC = zeros(length(M_random), 3);
relErrorCall_MC = zeros(length(M_random), 3);
relErrorPut_MC = zeros(length(M_random), 3);
for idx = 1:length(M_random)
    M = M_random(idx);
    for j = 1:3
        payoffCall_MC{idx, j} = zeros(M, 1);
        payoffPut_MC{idx, j} = zeros(M, 1);
    end
    for i = 1:M
        prices = [stockPricesMC{idx}(2, i),
stockPricesMC{idx}(127, i), stockPricesMC{idx}(end, i)];
        for j = 1:3
            payoffCall_MC{idx, j}(i) = max(prices(j) - K, 0);
            payoffPut_MC{idx, j}(i) = max(K - prices(j), 0);
        end
    end
    for j = 1:3
        avgPayoffCall = mean(payoffCall_MC{idx, j});
        avgPayoffPut = mean(payoffPut_MC{idx, j});
        discount = exp(-r * (days(j) * dt));
        priceCall_MC(idx, j) = discount * avgPayoffCall;
        pricePut_MC(idx, j) = discount * avgPayoffPut;
        relErrorCall_MC(idx, j) = abs(priceCall_MC(idx, j) -
BS_Call_price) / BS_Call_price;
        relErrorPut_MC(idx, j) = abs(pricePut_MC(idx, j) -
BS_Put_price) / BS_Put_price;
    end
end
fprintf('\n=== Harga Opsi Monte Carlo (Call dan Put) ===\n');
fprintf('| %-6s | %-12s | %-12s | %-12s | %-12s | %-12s | %-12s\n', 'M', 'Call_D1', 'Call_D126', 'Call_D252', 'Put_D1',
'Put_D126', 'Put_D252');
for idx = 1:length(M_random)
    fprintf('| %-6d | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f\n', M_random(idx), priceCall_MC(idx,1),
priceCall_MC(idx,2), priceCall_MC(idx,3), pricePut_MC(idx,1),
pricePut_MC(idx,2), pricePut_MC(idx,3));
end
fprintf('\n=== Galat Relatif terhadap Black-Scholes ===\n');
fprintf('| %-6s | %-12s | %-12s | %-12s | %-12s | %-12s | %-12s\n', 'M', 'Err_C1', 'Err_C126', 'Err_C252', 'Err_P1', 'Err_P126',
'Err_P252');
for idx = 1:length(M_random)
    fprintf('| %-6d | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f | %-12,5f\n', M_random(idx), relErrorCall_MC(idx,1),
relErrorCall_MC(idx,2), relErrorCall_MC(idx,3),
relErrorPut_MC(idx,1), relErrorPut_MC(idx,2),
relErrorPut_MC(idx,3));
end
MAPE_Call = mean(abs((priceCall_MC - BS_Call_price) ./
BS_Call_price), 1) * 100;
MAPE_Put = mean(abs((pricePut_MC - BS_Put_price) ./
BS_Put_price), 1) * 100;

```

```

fprintf('\n=== MAPE terhadap Black-Scholes (%%) ===\n');
fprintf('| %-10s | %-10s | %-10s |\n', 'Hari 1', 'Hari 126', 'Hari
252');
fprintf('| Call          | %-10,4f | %-10,4f | %-10,4f |\n',
MAPE_Call(1), MAPE_Call(2), MAPE_Call(3));
fprintf('| Put           | %-10,4f | %-10,4f | %-10,4f |\n',
MAPE_Put(1), MAPE_Put(2), MAPE_Put(3));
% --- Plot Harga Opsi (Konvergensi) ---
figure;
for j = 1:3
    subplot(3, 2, 2*j-1);
    hold on;
    plot(M_random, priceCall_MC(:,j), 'Color', 'b', 'LineWidth',
1,5, 'DisplayName', sprintf('Call MC Day %d', days(j)));
    plot(M_random, BS_Call_price * ones(size(M_random)), '--k',
'LineWidth', 1,2, 'DisplayName', 'BS Call');
    hold off;
    xlabel('Jumlah Simulasi (M)');
    ylabel('Harga Call');
    title(sprintf('Konvergensi Call Opsi (Hari ke-%d)', days(j)));
    legend('Location', 'best');
    grid on;
    subplot(3, 2, 2*j);
    hold on;
    plot(M_random, pricePut_MC(:,j), 'Color', 'r', 'LineWidth',
1,5, 'DisplayName', sprintf('Put MC Day %d', days(j)));
    plot(M_random, BS_Put_price * ones(size(M_random)), '--k',
'LineWidth', 1,2, 'DisplayName', 'BS Put');
    hold off;
    xlabel('Jumlah Simulasi (M)');
    ylabel('Harga Put');
    title(sprintf('Konvergensi Put Opsi (Hari ke-%d)', days(j)));
    legend('Location', 'best');
    grid on;
end
% --- Plot Galat Relatif ---
figure;
for j = 1:3
    subplot(3, 2, 2*j-1);
    plot(M_random, relErrorCall_MC(:,j), 'Color', 'b',
'LineWidth', 1,5, 'DisplayName', sprintf('Error Call Day %d',
days(j)));
    xlabel('Jumlah Simulasi (M)');
    ylabel('Galat Relatif');
    title(sprintf('Galat Relatif Call (Hari ke-%d)', days(j)));
    grid on;
    legend('Location', 'best');
    subplot(3, 2, 2*j);
    plot(M_random, relErrorPut_MC(:,j), 'Color', 'r', 'LineWidth',
1,5, 'DisplayName', sprintf('Error Put Day %d', days(j)));
    xlabel('Jumlah Simulasi (M)');
    ylabel('Galat Relatif');
    title(sprintf('Galat Relatif Put (Hari ke-%d)', days(j)));
    grid on;

```

```
    legend('Location', 'best');  
end
```

RIWAYAT HIDUP



Ahsanu Amala Prasetyo, yang lebih dikenal dengan sapaan Sanu, lahir di Bekasi pada tanggal 02 Desember 2002. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Prihatno Setyobekti, S.com. dan Zulhainida, S.E. Riwayat pendidikan dimulai dari PAUD di Preschooler Cikarang, dan lulus pada tahun 2006, dilanjutkan ke TK Fajar Hidayah Kota Deltamas, Cikarang, yang diselesaikan pada tahun 2008. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD IT Fajar Hidayah Kota Deltamas, Cikarang, dan lulus pada tahun 2015.

Jenjang menengah pertama ditempuh di SMP IT Fajar Hidayah Kota Deltamas, Cikarang, dan lulus pada tahun 2018. Pendidikan menengah atas dilanjutkan di lembaga yang sama, yaitu di SMA N 2 Cikarang Pusat, dan diselesaikan pada awal tahun 2021.

Pada pertengahan tahun 2021, penulis melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi sebagai mahasiswa program studi Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi kemahasiswaan, termasuk menjadi anggota divisi Penerbitan dan Jurnalistik di Himpunan Mahasiswa Program Studi Matematika (HMPS) “Integral” pada periode 2023 hingga 2024.

Demikian biodata ini disampaikan. Apabila terdapat pertanyaan, saran, atau kritik terkait penelitian yang dilakukan, penulis dapat dihubungi melalui email di sanu.amala.p@gmail.com.



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

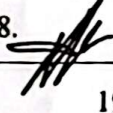
BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Ahsanu Amala Prasetyo
NIM : 210601110030
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Perhitungan Harga *American Option* Menggunakan Metode *Monte Carlo*
Pembimbing I : Abdul Aziz, M.Si.
Pembimbing II : Juhari, M.Si.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	02 September 2024	Konsultasi Topik dan Data	1.
2.	19 September 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	2.
3.	10 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	3.
4.	29 Oktober 2024	ACC Bab I, II, dan III	4.
5.	06 November 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	5.
6.	06 November 2024	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	14 November 2024	ACC Seminar Proposal	7.
8.	30 Januari 2025	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8.
9.	12 Februari 2025	Konsultasi Bab IV dan V	9.
10.	21 April 2025	Konsultasi Bab IV dan V	10.
11.	24 April 2025	Konsultasi Bab IV dan V	11.
12.	02 Mei 2025	Konsultasi Bab IV dan V	12.
13.	14 Mei 2025	ACC Bab IV dan V	13.
14.	15 Mei 2025	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	14.
15.	15 Mei 2025	ACC Kajian Agama Bab IV	15.



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

16.	16 Mei 2025	ACC Seminar Hasil	16. 
17.	03 Juni 2025	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	17. 
18.	10 Juni 2025	ACC Sidang Skripsi	18. 
19.	17 Juni 2025	ACC Keseluruhan	19. 

Malang, 17 Juni 2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika




Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005