

**PERHITUNGAN HARGA OPSI *BARRIER* TIPE EROPA
MENGUNAKAN METODE BINOMIAL *TIAN TREE***

SKRIPSI

**OLEH:
ALFI MABRUROH
NIM. 210601110052**



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

**PERHITUNGAN HARGA OPSI *BARRIER* TIPE EROPA
MENGUNAKAN METODE BINOMIAL *TIAN TREE***

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
Alfi Mabruroh
NIM. 210601110052**

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

**PERHITUNGAN HARGA OPSI *BARRIER* TIPE EROPA
MENGUNAKAN METODE BINOMIAL TAN *TREE***

SKRIPSI

**Oleh
Alfi Mabruroh
NIM. 210601110052**

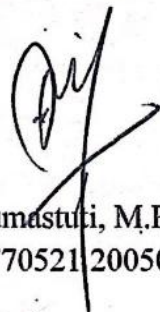
Telah Disetujui untuk Diuji

Malang, 02 Juni 2025

Dosen Pembimbing I,


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

Dosen Pembimbing II,


Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si
NIP. 19770521 200501 2 004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



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

**PERHITUNGAN HARGA OPSI *BARRIER* TIPE EROPA
MENGUNAKAN METODE BINOMIAL *TIAN TREE***

SKRIPSI

Oleh
Alfi Maburroh
NIM. 210601110052

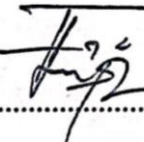
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 10 Juni 2025

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

.....


Anggota Penguji 1 : Dr. Fachrur Rozi, M.Si

.....


Anggota Penguji 2 : Abdul-Aziz, M.Si

.....


Anggota Penguji 3 : Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si

.....


Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika


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



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Alfi Mabruroh

NIM : 210601110052

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Perhitungan Harga Opsi *Barrier* Tipe Eropa Menggunakan Metode Binomial Tian *Tree*

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, 10 Juni 2025



Alfi Mabruroh
NIM. 210601110052

HALAMAN MOTO

“It's not about how fast you get there, but how consistently you move”

“Barang siapa yang tidak tahan dengan lelahnya belajar, maka ia harus tahan menanggung perihnya kebodohan” (Imam Syafi’i)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk Alm. Bapak Slamet dan Ibu Hanik Mafruha yang selalu menjadi sumber semangat dan inspirasi dalam setiap langkah penulis. Skripsi ini juga penulis persembahkan untuk kakak-kakak serta keponakan-keponakanku tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan yang tiada henti dalam perjalanan penulis menyelesaikan studi ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi yang berjudul “Perhitungan Harga Opsi *Barrier* Tipe Eropa Menggunakan Metode Binomial Tian *Tree*” dapat diselesaikan. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi agung Muhammad SAW., yang telah membawa kita dari masa kegelapan menuju masa cahaya terang islam, yakni addinul islam.

Skripsi ini dibuat oleh penulis untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana matematika dari Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus selaku ketua penguji yang telah memberikan saran dan ilmu kepada penulis.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Abdul Aziz, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, nasihat, serta motivasi kepada penulis.
5. Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis.
6. Dr. Fachrur Rozi, M.Si selaku anggota dosen penguji 1 yang telah memberikan ilmu dan saran kepada penulis.
7. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Alm. Bapak Slamet yang merupakan sosok ayah yang sangat hebat. Meskipun telah berpulang ke rahmatullah, sosok dan ajaran-ajaran beliau tetap hidup dalam ingatan dan menjadi sumber kekuatan bagi penulis.

9. Ibu Hanik Mafruha yang merupakan sosok ibu luar biasa yang senantiasa mendoakan dan mendampingi penulis dalam setiap langkah.
10. Kakak-kakak saya dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
11. Seluruh mahasiswa Program Studi Matematika angkatan 2021 khususnya rekan-rekan konsorsium aktuaria yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam berbagai situasi kepada penulis.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi tambahan pengetahuan yang berguna, baik bagi penulis sendiri maupun bagi orang lain. Semoga skripsi ini juga dapat menginspirasi penelitian selanjutnya di bidang terkait, sehingga ilmu pengetahuan terus berkembang dan memberikan dampak positif bagi masyarakat.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 10 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN MOTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Definisi Istilah	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Teori Pendukung	9
2.1.1 Saham dan <i>Return</i> Saham	9
2.1.2 Opsi	10
2.1.3 Opsi <i>Barrier</i>	13
2.1.4 Metode <i>Binomial Tree</i>	15
2.1.5 Metode <i>Tian Tree</i>	21
2.1.6 Metode <i>Black-Scholes</i> pada Perhitungan Opsi <i>Barrier</i>	22
2.1.7 Distribusi Normal	25
2.1.8 Galat	26
2.2 Konsep Hisab Menurut Islam	27
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 Teknik Analisis Data	32
3.4 <i>Flowchart</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Deskripsi Data	35
4.2 Perhitungan Harga Opsi <i>Barrier</i> Menggunakan Metode Binomial <i>Tian Tree</i>	39
4.3 Keakuratan Metode Binomial <i>Tian Tree</i>	47

4.4	<i>Hisab</i> dalam Islam dan Implementasinya dalam Perhitungan Harga Opsi <i>Barrier</i>	59
BAB V PENUTUP		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....		64
LAMPIRAN.....		67
RIWAYAT HIDUP.....		111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi Nilai MAPE	27
Tabel 4.1 Harga Opsi <i>Down and Out</i> dan <i>Up and Out</i> Metode <i>Black-Scholes</i>	48
Tabel 4.2 Nilai MAPE Harga Opsi	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Posisi Opsi <i>Barrier Down dan Up</i>	15
Gambar 2.2	Grafik Perubahan Harga Saham dan Harga Opsi (Aziz, 2009)	15
Gambar 2.3	Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2009).....	17
Gambar 2.4	Skema Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial (Aziz, 2009)	18
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i>	34
Gambar 4.1	Grafik Data Harga Penutupan Saham.....	35
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Kemungkinan Harga Saham dan Aktual	36
Gambar 4.3	Model Pergerakan Harga Saham dengan $M = 5$	41
Gambar 4.4	<i>Payoff</i> dan Harga Opsi <i>Down and Out Call</i>	42
Gambar 4.5	<i>Payoff</i> dan Harga Opsi <i>Up and Out Put</i>	43
Gambar 4.6	Harga Opsi <i>Down and Out Call</i> sampai dengan 504 partisi.....	44
Gambar 4.7	Harga Opsi <i>Down and Out Put</i> sampai dengan 504 partisi.....	45
Gambar 4.8	Harga Opsi <i>Up and Out Call</i> sampai dengan 504 partisi	45
Gambar 4.9	Harga Opsi <i>Up and Out Put</i> sampai dengan 504 partisi.....	46
Gambar 4.10	Konvergensi Harga Opsi <i>Down and Out Call</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	49
Gambar 4.11	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Harga Opsi <i>Down and Out Call</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	49
Gambar 4.12	Konvergensi Harga Opsi <i>Down and Out Put</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	50
Gambar 4.13	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Harga Opsi <i>Down and Out Put</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	51
Gambar 4.14	Konvergensi Harga Opsi <i>Up and Out Call</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	52
Gambar 4.15	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Harga Opsi <i>Up and Out Call</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	53
Gambar 4.16	Konvergensi Harga Opsi <i>Up and Out Put</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	54
Gambar 4.17	Konvergensi Nilai <i>Error</i> Harga Opsi <i>Up and Out Put</i> Tian Tree terhadap <i>Black-Scholes</i>	55

DAFTAR SIMBOL

S_0	: Harga saham awal
S_T	: Harga saham pada waktu T
T	: Waktu jatuh tempo
K	: Harga kesepakatan
M	: Jumlah partisi
B	: Nilai <i>Barrier</i>
r	: <i>Risk-free rate</i>
R	: <i>Return</i> saham
s	: Standar deviasi
σ	: Volatilitas
σ^2	: Variansi
n	: Jumlah data
u	: Faktor naik harga saham
d	: Faktor turun harga saham
p	: Peluang harga saham naik
q	: Peluang harga saham turun
V	: Nilai opsi
V_C	: Nilai <i>payoff</i> untuk opsi <i>call</i>
V_P	: Nilai <i>payoff</i> untuk opsi <i>put</i>
C	: Nilai opsi <i>call</i> Eropa
P	: Nilai opsi <i>put</i> Eropa
Δt	: Interval waktu
ε	: Galat
$N(d_1)$	: Fungsi distribusi normal baku kumulatif d_1
$N(d_2)$	: Fungsi distribusi normal baku kumulatif d_1

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Saham Penutupan Microsoft Corporation.	67
Lampiran 2. <i>Return</i> Harga Saham Microsoft Corporation.....	74
Lampiran 3. Harga Opsi <i>Down and Out Call</i> dan <i>Error</i> sebanyak 504 Partisi.....	78
Lampiran 4. Harga Opsi <i>Down and Out Put</i> dan <i>Error</i> sebanyak 504 Partisi.....	85
Lampiran 5. Harga Opsi <i>Up and Out Call</i> dan <i>Error</i> sebanyak 504 Partisi .	92
Lampiran 6. Harga Opsi <i>Up and Out Put</i> dan <i>Error</i> sebanyak 504 Partisi...	99
Lampiran 7. Script Perhitungan Harga Opsi <i>Barrier</i>	106

ABSTRAK

Mabruroh, Alfi. 2025. **Perhitungan Harga Opsi *Barrier* Tipe Eropa Menggunakan Metode Binomial Tian Tree**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Abdul Aziz, M.Si. (2) Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

Kata Kunci: Binomial Tian Tree, Opsi *Barrier*, Opsi *Call*, Opsi *Put*

Pada penelitian ini membahas tentang metode Binomial Tian Tree dalam perhitungan harga opsi *barrier* serta menganalisis tingkat keakuratan metode Tian Tree dengan membandingkannya pada metode *Black-Scholes*. Perhitungan dilakukan untuk dua jenis opsi *barrier*, yaitu *down and out* dan *up and out*, baik untuk opsi *call* maupun opsi *put*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Tian Tree memiliki tingkat konvergensi yang baik, ditandai dengan semakin stabilnya harga opsi seiring bertambahnya partisi. Untuk opsi *down and out*, metode Tian Tree menunjukkan keakuratan yang tinggi, dengan nilai MAPE sebesar 0,1955% pada opsi *call* dan 0,8800% pada opsi *put*. Sementara itu, pada opsi *up and out*, nilai MAPE sebesar 27,4344% pada opsi *call* dan 2,8964% pada opsi *put* yang menunjukkan bahwa jenis *up and out* lebih akurat digunakan untuk opsi *put* dibandingkan dengan *call*.

ABSTRACT

Mabruroh, Alfi. 2025. **Calculation of European Type Barrier Option Price Using the Tian Tree Binomial Method**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (1) Abdul Aziz, M.Si. (2) Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

Keywords: Binomial Tian Tree, Barrier Option, Call Option, Put Option

This study discusses the Binomial Tian Tree method in calculating barrier option prices and analyzes the accuracy level of the Tian Tree method by comparing it to the Black-Scholes method. Calculations are carried out for two types of barrier options, namely down-and-out and up-and-out, both for call and put options. The results of the study show that the Tian Tree method has a good level of convergence, indicated by the increasing stability of option prices as the partition increases. For down and out options, the Tian Tree method shows high accuracy, with a MAPE value of 0,1955% for call options and 0,8800% for put options. Meanwhile, for up and out options, the MAPE value is 27,4344% for call options and 2,8964% for put options, indicating that the up and out type is more accurate for put options compared to calls.

مستخلص البحث

الالف مبرورة. ٢٠٢٥. حساب سعر خيار الحاجز من النوع الأوروبي باستخدام طريقة شجرة تيان ذات الفروع الثنائية. البحث العلمي، قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانغ. المشرف: (١) عبد العزيز، الماجستير في العلوم (٢) أري كوسوماستوتي، الماجستير في العلوم.

الكلمات الرئيسية: شجرة تيان الثنائية، خيار الحاجز، خيار الشراء، خيار البيع.

في هذا البحث، تم مناقشة طريقة شجرة تيان الثنائية في حساب سعر خيار الحاجز كما تتضمن تحليل درجة دقة طريقة شجرة تيان من خلال مقارنتها بطريقة بلاك - شولز. تم حساب نوعين من خيار الحاجز، وهما "الأسفل والخارج" و "الأعلى والخارج"، سواء المكالمات أو خيار البيع: ظهرت نتائج الدراسة أن طريقة شجرة تيان لها مستوى جيد من التقارب، حيث يلاحظ استقرار أسعار خيار مع زيادة عدد التقسيمات. بالنسبة للخيار "الأسفل والخارج"، أظهرت طريقة شجرة تيان دقة عالية، حيث كانت قيمة مقياس الخطأ النسبي المتوسط 0.1955% للخيار المكالمات و 0.8800% للخيار البيع. أما بالنسبة للخيار "الأعلى والخارج"، كانت قيمة مقياس الخطأ النسبي المتوسط 27.4344% للخيار المكالمات و 2.8964% للخيار البيع، مما يشير إلى أن نوع "الأعلى والخارج" أكثر دقة عند استخدامه للخيار البيع مقارنة بالمكالمات.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Investasi memiliki peran yang sangat penting dalam perekonomian baik itu di dalam negeri ataupun di luar negeri disetiap tahunnya (Mappadang, 2021). Investasi merupakan usaha untuk memanfaatkan sumber daya yang dimiliki saat ini dengan tujuan meraih manfaat di kemudian hari (Desiyanti, 2012). Saat ini, investasi telah mengalami perkembangan pesat, dengan pasar modal sebagai salah satu sarana dalam berinvestasi (Widianugraha, dkk., 2015). Pasar modal berperan sebagai penghubung antara investor (pemilik modal) dan perusahaan atau lembaga pemerintah yang memerlukan dana, melalui transaksi instrumen keuangan jangka panjang (Suratna, dkk., 2020). Di pasar modal, salah satu instrumen yang dapat diperdagangkan adalah saham (Desiyanti, 2012).

Saham menunjukkan kepemilikan atas suatu perusahaan, dimana para pemiliknya dikenal dengan pemegang saham (*stockholder*) (Adnyana, 2020). Ketika seorang investor memiliki saham di suatu perusahaan, ia berhak atas bagian dari pendapatan dan aset perusahaan tersebut (Desiyanti, 2012). Saham yang merupakan instrumen investasi juga mengandung risiko. Untuk mengurangi risiko, investor dapat memperjualbelikan instrumen derivatif. Salah satu instrumen derivatif adalah opsi (Irawan, dkk., 2017).

Opsi merupakan sebuah kontrak yang mengikat antara penjual dan pembeli opsi, di mana penjual opsi memberikan jaminan kepada pembeli opsi untuk memiliki hak (tanpa kewajiban) membeli atau menjual saham tertentu pada harga

dan waktu yang telah disepakati (Desiyanti, 2012). Berdasarkan pelaksanaan haknya, opsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu opsi beli (*call option*) dan opsi jual (*put option*) (Wibiyanto, dkk., 2016). Opsi beli memberikan hak tanpa kewajiban kepada pemegangnya untuk membeli *asset* tertentu pada harga dan waktu yang telah ditentukan. Sementara itu, opsi jual memberikan hak tanpa kewajiban kepada pemegangnya untuk menjual *asset* tertentu pada harga dan waktu yang telah ditentukan (Higham, 2004).

Kontrak opsi sebagai salah satu instrumen keuangan modern juga dapat diinterpretasikan dalam Islam berdasarkan prinsip perjanjian yang dijelaskan dalam surat Al-Maidah ayat 1 yang artinya:

“*Wahai orang-orang yang beriman, Penuhilah akad-akad itu...*” (Kementerian Agama, 2017).

Ayat tersebut menyatakan pentingnya mematuhi perjanjian yang telah disepakati, yang relevan dengan karakteristik kontrak opsi di mana penjual dan pembeli memiliki kewajiban untuk memenuhi ketentuan seperti harga kesepakatan (*strike price*) dan jangka waktu kontrak (Antonio, 2001). Dalam implementasi syariah, opsi harus memenuhi prinsip keadilan, transparansi, dan tidak mengandung unsur ketidakpastian maupun spekulasi yang berlebihan (Usmani, 2002). Dengan demikian, selama akadnya dilakukan dengan jelas dan tidak melanggar aturan syariah, opsi dapat digunakan sebagai bagian dari transaksi keuangan (Rahman, 2015).

Berdasarkan nilai *payoff*-nya, terdapat dua macam opsi yaitu opsi vanilla dan opsi eksotik. Opsi vanilla merupakan tipe opsi yang nilai *payoff*-nya ditentukan oleh harga saham pada saat opsi tersebut dilaksanakan. Contoh dari opsi vanilla

mencakup opsi Eropa dan Amerika. Sedangkan opsi eksotik merupakan tipe opsi yang nilai *payoff*-nya tidak hanya ditentukan oleh harga saham saat dilaksanakan, tetapi ditentukan pada harga-harga saham dalam suatu periode tertentu. Contoh dari opsi eksotik mencakup opsi *barrier*, opsi Asia, dan opsi *lookback* (Cahyaningrum, dkk., 2022).

Opsi *barrier* merupakan jenis opsi eksotik di mana *payoff*-nya tergantung pada apakah harga *asset* dasar mencapai atau melampaui tingkat harga tertentu yang disebut sebagai penghalang (batas). Opsi *barrier* mencakup opsi *call* dan opsi *put* yang terbagi menjadi empat jenis yaitu *up and in*, *up and out*, *down and in*, serta *down and out*. Beberapa metode umum yang digunakan untuk menghitung harga opsi adalah *Black-Scholes*, *Binomial Tree*, dan Monte Carlo (Higham, 2004).

Pada tahun 1973, Fisher Black dan Myron Scholes mengembangkan metode *Black-Scholes* (Bratha, dkk., 2017). Sedangkan metode *Binomial Tree* pertama kali dikembangkan oleh Cox, Ross, dan Rubinstein, atau yang di kenal sebagai CRR *Tree* yang mengasumsikan bahwa harga saham di masa depan akan bergerak naik atau turun (Fitroh & Artiono, 2023). Pengembangan lebih lanjut dari metode CRR *Tree* adalah metode Tian *Tree* (Agustina, 2009).

Metode Binomial telah diteliti oleh Aziz (2009) tentang perhitungan nilai opsi Eropa menggunakan empat model aproksimasi binomial. Hasil penelitiannya diperoleh bahwa terdapat tiga model Binomial yang dapat di gunakan sebagai pendekatan diskritisasi dalam menentukan harga opsi dan semakin besar jumlah partisi, harga opsi semakin mendekati model *Black-Scholes*. Penelitian terkait metode Binomial Tian *Tree* telah diteliti oleh Alfinnikmah (2020) dalam perhitungan harga vanilla *call option* dan *put option* yang bertipe Eropa, dan

membandingkannya dengan metode *CRR Tree*. Hasil penelitiannya diperoleh bahwa metode *Tian Tree* lebih optimal terutama dalam jumlah partisi yang besar dibandingkan dengan metode *CRR Tree*. Penelitian terkait metode *Black Scholes* telah diteliti oleh Khaerunnisa (2017) dalam perhitungan harga opsi *barrier call*. Hasil penelitiannya diperoleh harga opsi *barrier call up and out* dan *call up and in*. Penelitian terkait opsi *barrier* juga telah diteliti oleh Saleh (2019) tentang perhitungan harga opsi *barrier call* dan *put down and out* menggunakan metode Binomial fleksibel. Hasil penelitiannya, diperoleh bahwa semakin tinggi harga eksekusi, harga opsi *barrier down and out call* semakin kecil. Sebaliknya, semakin tinggi harga eksekusi, harga opsi *barrier down and out put* semakin besar.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, khususnya yang dilakukan oleh Alfinnikmah (2020), peneliti menggunakan metode Binomial *Tian Tree* dalam perhitungan harga opsi. Metode tersebut dipilih karena kemampuannya memberikan hasil yang lebih akurat dan stabil, terutama dalam model opsi dengan banyak partisi. Selain itu, Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian ini karena pada penelitian Alfinnikmah (2020) digunakan opsi vanilla tipe Eropa. Sedangkan peneliti ingin menggunakan opsi *barrier* yang merupakan jenis opsi yang lebih rumit dibandingkan opsi vanilla karena memiliki batasan harga aset yang dapat membatalkan opsi.

Data yang digunakan adalah data saham Microsoft Corporation (MSFT). Peneliti menggunakan data pada perusahaan tersebut karena menyediakan opsi saham yang banyak diminati para investor. Selain itu, Microsoft merupakan salah satu perusahaan teknologi terbesar di dunia yang bergerak di bidang penyediaan perangkat lunak komputer, elektronik konsumen, PC, dan layanan terkait. Secara

umum, bisnis utama perusahaan tersebut terbagi dalam tiga segmen yaitu *productivity and business processes*, *intelligence cloud*, dan *personal computing*. Sehingga dengan menggunakan data tersebut, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi investor dengan menghasilkan estimasi harga opsi yang lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana hasil perhitungan harga opsi *barrier* menggunakan metode Binomial Tian *Tree*?
2. Bagaimana keakuratan metode Binomial Tian *Tree* pada perhitungan harga opsi *barrier*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk menganalisis hasil perhitungan harga opsi *barrier* menggunakan metode Binomial Tian *Tree*.
2. Untuk menganalisis keakuratan metode Binomial Tian *Tree* pada perhitungan harga opsi *barrier*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis

Sebagai tambahan pengalaman dan pengembangan keterampilan dalam menulis karya ilmiah sesuai dengan kaidah yang benar.

2. Bagi Mahasiswa

Sebagai wawasan dan literasi keilmuan bagi mahasiswa, serta menjadi acuan dalam menyusun karya tulis ilmiah selanjutnya.

3. Bagi Program Studi

Sebagai tambahan referensi untuk pengembangan pembelajaran mata kuliah Matematika Keuangan bagi mahasiswa program studi Matematika.

4. Bagi Pelaku Pasar Saham

- a. Sebagai pemahaman dalam menerapkan perhitungan opsi *barrier* dengan menggunakan metode Binomial *Tian Tree* yang akan digunakan dalam pasar modal.
- b. Membantu pelaku pasar saham dalam membuat keputusan investasi yang tepat terkait opsi *barrier*.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini memiliki kejelasan terhadap maksud dan isi, adanya batasan masalah sangat diperlukan, yaitu:

1. Menggunakan opsi *barrier call* dan *put* jenis *down and out* dan *up and out*.
2. Menggunakan metode *Black-Scholes* untuk menganalisis keakuratan metode Binomial *Tian Tree* pada opsi *barrier*.
3. Tidak menggunakan pembayaran dividen.

4. Pada opsi jenis *up and out*, nilai batas *barrier* lebih tinggi dari harga kesepakatan, sedangkan pada opsi jenis *down and out*, nilai batas *barrier* lebih rendah dari harga kesepakatan.
5. Nilai volatilitas diperoleh dari data historis harga saham.
6. *Risk-free rate* diperoleh dari nilai rata-rata *return* saham.
7. Nilai konvergensi dibatasi sampai enam digit setelah desimal.

1.6 Definisi Istilah

1. Opsi : Hak untuk melakukan pembelian atau penjualan *asset* pada harga yang telah disetujui sebelumnya dalam kurun waktu yang telah ditetapkan tanpa adanya kewajiban untuk melakukannya.
2. Opsi *barrier* : Jenis opsi yang memiliki level harga tertentu sebagai batas atas atau batas bawah, yang jika tercapai akan mengubah karakteristik opsi tersebut.
3. Opsi *call* : Hak untuk membeli aset pada harga dan waktu tertentu.
4. Opsi *put* : Hak untuk menjual aset pada harga dan waktu tertentu.
5. *Holder* : Pihak pemegang atau pembeli opsi.
6. *Writer* : Pihak yang menerbitkan opsi.
7. *Payoff* : Keuntungan dari suatu transaksi keuangan, seperti opsi.
8. Volatilitas : Ukuran fluktuasi harga saham dalam jangka waktu tertentu.

9. *Risk-free rate* : Tingkat pengembalian yang dianggap bebas risiko dan digunakan pada investasi.
10. *Return saham* : Tingkat pengembalian investasi yang mencerminkan keuntungan atau kerugian pada saham selama periode tertentu.
11. Binomial : Sekumpulan dua variabel yang beroperasi sebagai satu kesatuan yang menjadikannya saling melengkapi.
12. Dividen : Bagian dari keuntungan yang didapatkan dari kinerja perusahaan.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 Saham dan *Return* Saham

Menurut Sudarmadji (2022), saham merupakan sertifikat yang menandakan bukti kepemilikan terhadap suatu perusahaan, dimana *stock holder* berhak mengklaim penghasilan dan *asset* perusahaan. Menurut Desiyanti (2012), Saham merupakan bukti kepemilikan dari suatu perusahaan. Sedangkan menurut Suratna, dkk. (2020), saham adalah jenis dokumen yang menunjukkan kepemilikan atas suatu badan usaha atau perusahaan. Sehingga dari beberapa pengertian sebelumnya, bisa disimpulkan bahwa saham adalah bukti kepemilikan atas suatu badan usaha atau perusahaan, dimana *stock holder* berhak mengklaim terhadap penghasilan dan aset perusahaan.

Menurut Mappadang (2021), *return* adalah hasil kerugian atau keuntungan yang didapatkan investor dari dana yang diinvestasikan. Rumus untuk menghitung *return* saham adalah (Hull, 2012)

$$R_z = \ln \frac{S_z}{S_{z-1}} \quad (2.1)$$

dengan rata-rata *return*,

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{z=1}^n R_z \quad (2.2)$$

di mana:

z : Interval waktu pengamatan, dengan $z = 1, 2, 3, \dots, n-1$

R_z : *Return* saham waktu ke z

$\bar{R}$: Rata-rata dari *Return* saham (*expected return*)

S_z : Nilai saham pada waktu ke z

S_{z-1} : Nilai saham pada waktu $z - 1$

n : Banyaknya data yang diteliti

2.1.2 Opsi

Opsi adalah hak (tanpa kewajiban) untuk melakukan penjualan atau pembelian suatu aset pada harga yang telah disepakati sebelumnya dalam kurun waktu yang telah ditentukan (Seydel, 2009). Opsi memiliki dua jenis, yaitu opsi *call* dan opsi *put*. Opsi *call* adalah hak (tanpa kewajiban) yang diberikan kepada pemegangnya untuk melakukan pembelian aset pada harga dan waktu yang telah ditetapkan, sedangkan opsi *put* memberikan hak (tanpa kewajiban) untuk melakukan penjualan aset pada harga dan waktu yang telah ditetapkan (Hull, 2012).

Harga opsi ditentukan oleh lima faktor, yaitu (Herlianto, 2013)

1. Harga saham

Semakin meningkatnya harga saham saat ini, harga opsi *call* juga akan mengalami peningkatan, sementara harga opsi *put* akan mengalami penurunan.

2. *Strike price*

Harga kesepakatan atau *strike price* merupakan nilai perlembar saham yang digunakan sebagai dasar opsi pada saat jatuh tempo. Semakin tinggi harga *strike price*, nilai opsi *call* menjadi turun.

3. *Expiration date*

Expiration date atau waktu jatuh tempo merupakan batas waktu eksekusi harga opsi.

4. *Risk-free rate*

Ketika *risk-free rate* jangka pendek naik, pemegang opsi lebih cenderung untuk membeli opsi *call* dibandingkan dengan langsung membeli saham itu sendiri. Hal ini mengakibatkan nilai opsi *call* meningkat, sementara harga opsi *put* menurun (Rahman, 2010). *Risk-free rate* merepresentasikan rata-rata *return* yang diharapkan dari investasi saham tanpa risiko. Selain itu, nilai ini juga digunakan sebagai faktor diskonto untuk menentukan nilai saat ini dari ekspektasi *payoff* yang diharapkan dalam perhitungan harga opsi (Hull, 2012).

5. Volatilitas harga saham

Volatilitas saham adalah ukuran statistik yang menggambarkan fluktuasi dari harga saham pada periode yang ditentukan (Ramadhon, dkk., 2022). Volatilitas dihitung menggunakan standar deviasi. Standar deviasi dari harga saham adalah (Hull, 2012):

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{z=1}^n (R_z - \bar{R})^2} \quad (2.3)$$

dengan rumus volatilitas harga saham adalah:

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

dengan τ merupakan panjang interval waktu perdagangan harga saham dalam satu tahun, yaitu 252 hari, sehingga diperoleh

$$\tau = \frac{1}{252} \quad (2.5)$$

di mana:

s : Standar deviasi

τ : Panjang interval waktu perdagangan dalam 1 tahun

Opsi merupakan kontrak antara dua pihak perdagangan aset pada waktu tertentu di masa mendatang. Dua pihak tersebut adalah *writer* dan *holder*: *writer* (penerbit opsi) yang menetapkan ketentuan kontrak opsi dan menjual opsi. Sedangkan *holder* (pemegang opsi) yang memutuskan apa yang harus dilakukan dengan hak yang diberikan pada kontrak opsi (Seydel, 2009).

Pada saat $t = T$, pemegang opsi *call* Eropa akan memeriksa harga terkini (S_T) dari saham. Pemegang opsi akan mengeksekusi opsi *call* jika harga saham lebih tinggi dari *strike price* ($S_T > K$), dalam hal ini, pemegang opsi dapat segera menjual saham dengan harga S_T dan keuntungan yang diperoleh adalah selisih harga saham dan *strike price* ($S_T - K$). Dengan demikian, nilai opsi dapat dinyatakan sebagai $V = S_T - K$. Sebaliknya, jika harga saham lebih rendah dari *strike price* ($S_T \leq K$), maka pemegang opsi tidak akan mengeksekusi opsi *call* karena harga saham bisa didapatkan lebih murah di pasar, sehingga nilai opsi menjadi $V = 0$. Oleh karena itu, nilai *payoff* (keuntungan) dari *call option* pada waktu jatuh tempo (T) (Seydel, 2009):

$$V_C(S_T, T) = \begin{cases} S_T - K, & \text{pada saat } S_T > K \text{ (opsi dieksekusi)} \\ 0, & \text{pada saat } S_T \leq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \end{cases}$$

atau

$$V_C(S_T, T) = \max(S_T - K, 0) \quad (2.6)$$

Sedangkan *payoff* dari *put option* pada waktu jatuh tempo adalah:

$$V_p(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & \text{pada saat } S_T < K \text{ (opsi dieksekusi)} \\ 0, & \text{pada saat } S_T \geq K \text{ (opsi tidak dieksekusi)} \end{cases}$$

atau

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

di mana:

S_T : Harga saham pada waktu jatuh tempo

K : Harga kesepakatan (*strike price*)

2.1.3 Opsi *Barrier*

Opsi *barrier* merupakan opsi yang pembayarannya bergantung pada apakah harga *asset* menyentuh level tertentu selama waktu yang telah ditetapkan (Hull, 2003). Opsi *barrier* memiliki hasil yang dapat aktif atau nonaktif tergantung pada apakah *asset* melewati level yang telah ditetapkan sebelumnya. Jenis-jenis *barrier option* (Higham, 2004):

1. *Down and in*

Opsi akan aktif pada saat harga aset melewati atau menyentuh batas yang telah ditentukan, dengan $B < S_0$ pada selang waktu $[0, T]$. Jika batas tersebut pernah dilewati, maka *payoff* untuk opsi *call*,

$$V_{cdi}(S_T, T) = \begin{cases} S_T - K, & S_T \geq B \\ 0, & S_T < B \end{cases} \quad (2.8)$$

dan untuk opsi *put*,

$$V_{pdi}(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & S_T \geq B \\ 0, & S_T < B \end{cases} \quad (2.9)$$

2. *Down and out*

Opsi ini tidak berlaku atau menghasilkan nol jika harga aset menyentuh atau melewati batas yang telah ditetapkan sebelumnya, dengan $B < S_0$ pada selang waktu $[0, T]$. Jika batas tersebut tidak pernah dilewati, maka *payoff* opsi *call*,

$$V_{cdo}(S_T, T) = \begin{cases} S_T - K, & S_T > B \\ 0, & S_T \leq B \end{cases} \quad (2.10)$$

dan untuk opsi *put*,

$$V_{pdo}(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & S_T > B \\ 0, & S_T \leq B \end{cases} \quad (2.11)$$

3. *Up and in*

Opsi ini akan aktif hanya setelah harga aset menyentuh atau melewati batas yang telah ditentukan, dengan $B > S_0$ pada selang waktu $[0, T]$. Jika batas tersebut pernah dilewati, maka *payoff* untuk opsi *call*,

$$V_{cui}(S_T, T) = \begin{cases} S_T - K, & S_T \leq B \\ 0, & S_T > B \end{cases} \quad (2.12)$$

dan untuk opsi *put*,

$$V_{pui}(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & S_T \leq B \\ 0, & S_T > B \end{cases} \quad (2.13)$$

4. *Up and out*

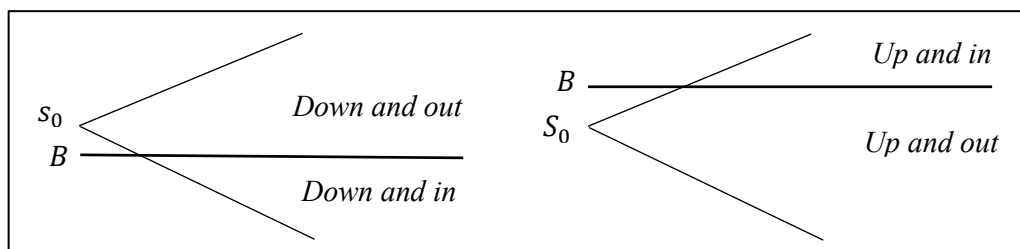
Opsi ini tidak akan berlaku atau menghasilkan nol apabila harga aset menyentuh atau melewati batas yang telah ditentukan sebelumnya, dengan $B > S_0$ pada selang waktu $[0, T]$. Jika batas tersebut tidak pernah dilewati, maka *payoff* untuk opsi *call*,

$$V_{cuo}(S_T, T) = \begin{cases} S_T - K, & S_T < B \\ 0, & S_T \geq B \end{cases} \quad (2.14)$$

dan untuk opsi *put*,

$$V_{puo}(S_T, T) = \begin{cases} K - S_T, & S_T < B \\ 0, & S_T \geq B \end{cases} \quad (2.15)$$

Jenis-jenis opsi *barrier* digambarkan dalam suatu grafik pada gambar 2.1 sebagai berikut,

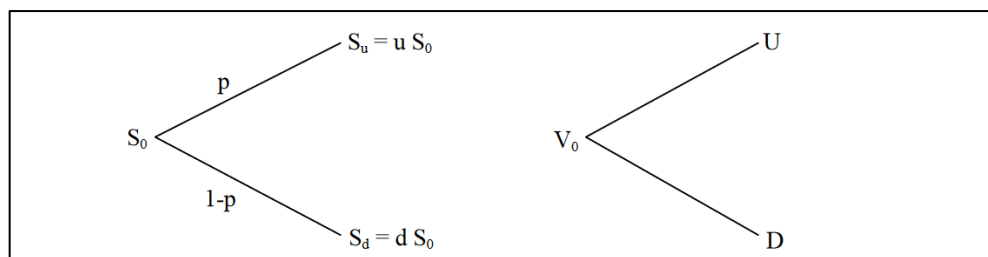


Gambar 2.1 Posisi Opsi *Barrier Down* dan *Up*

Pada gambar 2.1 ditunjukkan grafik posisi opsi *barrier* dengan empat jenis, yaitu *down and out*, *down and in*, *up and out*, dan *up and in*. Posisi ini ditentukan berdasarkan hubungan harga saham awal S_0 dengan nilai *barrier* (B).

2.1.4 Metode Binomial Tree

Pada perhitungan harga opsi dengan metode binomial, diasumsikan bahwa di pasar bebas, nilai saham akan selalu mengalami fluktuasi naik atau turun seiring berjalannya waktu, sebagaimana gambar berikut,



Gambar 2.2 Grafik Perubahan Harga Saham dan Harga Opsi (Aziz, 2009)

Pada gambar 2.2 ditunjukkan grafik perubahan harga saham dan harga opsi dengan memisalkan harga saham pada saat $t = 0$ adalah S_0 dan pada saat $t = T$ akan naik dengan peluang p menjadi S_u atau turun dengan peluang $1 - p$ menjadi S_d , harga opsi pada saat $t = 0$ adalah V_0 dan pada saat $t = T$ akan naik menjadi U atau turun menjadi D (Hull, 2003).

Pemodelan matematika bertujuan untuk membantu memahami situasi saat ini dan membuat prediksi untuk masa depan. Agar metode binomial dapat memberikan hasil yang lebih akurat, metode tersebut harus disesuaikan dengan kondisi di dunia nyata. Tantangan yang dihadapi saat ini adalah menentukan nilai p , u , dan d agar metode binomial ini dapat mencerminkan keadaan nyata dengan lebih akurat (Aziz, 2009).

Langkah awal adalah melakukan diskritisasi, yaitu mengubah waktu kontinu t menjadi waktu diskrit dengan mengganti t oleh waktu yang sama yaitu t_i , digunakan notasi berikut (Hull, 2003):

$$\Delta t = \frac{T}{M} \quad (2.16)$$

$$t_i = i \times \Delta t \quad (2.17)$$

dengan $i = 0, 1, \dots, M$

$$S_i = S(t_i) \quad (2.18)$$

di mana:

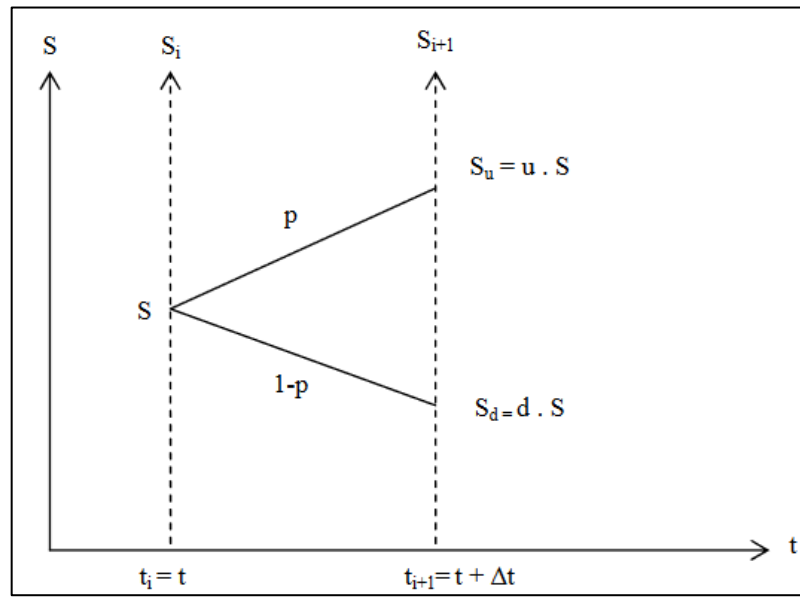
Δt : Interval waktu

T : Waktu jatuh tempo

M : Banyaknya partisi

t_i : Waktu ke- i

Selanjutnya bidang (S, t) didefinisikan sebagai garis-garis yang lurus sejajar dengan interval waktu (Δt) . Nilai-nilai kontinu S_i pada setiap garis paralel $t = t_i$ diganti dengan nilai-nilai diskrit S_{ji} untuk semua i dan j yang sesuai seperti gambar berikut,



Gambar 2.3 Prinsip Metode Binomial (Aziz, 2009)

Pada gambar 2.3 ditunjukkan sebuah hubungan *grid* yang menggambarkan perubahan dari t ke $t + \Delta t$ atau dari t_i ke t_{i+1} (Aziz, 2009).

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu (Figlewski, dkk., 1990):

1. Harga S merupakan harga saham awal, selama setiap interval waktu (Δt) hanya dapat mengalami dua kemungkinan perubahan, yaitu naik menjadi S_u atau turun menjadi S_d dengan $0 < d < u$. Disini, u dan d masing-masing merupakan faktor perubahan naik dan turun yang konstan untuk setiap Δt .
2. Peluang terjadinya kenaikan harga adalah p , sedangkan peluang terjadinya penurunan harga adalah $1 - p$.

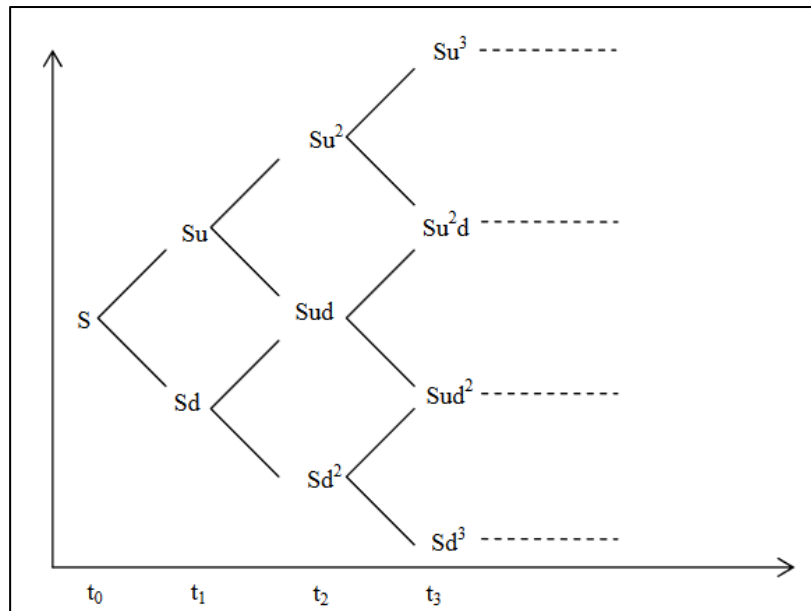
3. Ekspektasi harga saham secara acak kontinu dengan *risk-free rate* (r) dari S_i pada waktu t_i menjadi S_{i+1} pada waktu t_{i+1} adalah

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{r\Delta t} \quad (2.19)$$

4. Tidak ada pembayaran dividen selama periode waktu tersebut. Jika ada pembayaran dividen (g), maka persamaan (2.19) menjadi

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{(r-g)\Delta t} \quad (2.20)$$

Metode binomial dapat digunakan untuk membangun skema (*tree*) yang menggambarkan perubahan harga saham secara diskrit, seperti gambar berikut,



Gambar 2.4 Skema Fluktuasi Harga Saham Secara Binomial (Aziz, 2009)

Pada gambar 2.4 diasumsikan bahwa harga saham pada waktu $t = t_0$ adalah $S_0 = S_{00} = S$, sementara harga saham pada waktu $t = t_1$ adalah $S_{01} = S_d$, dan $S_{11} = S_u$. Sehingga secara umum, harga saham pada waktu $t = t_i$ terdapat $i + 1$, yang dinyatakan dengan rumus umum (Hull, 2003),

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j} \quad (2.21)$$

di mana:

$j = 0, 1, \dots, i$, dan

$i = 0, 1, \dots, M$

Persamaan umum (2.21) adalah persamaan tidak rekursif yang mengacu pada perhitungan dengan memerlukan durasi waktu yang cukup lama, untuk itu, diperlukan adanya bentuk persamaan rekursif yang didapatkan melalui persamaan (Hull, 2003),

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{r\Delta t} \quad (2.22)$$

dan

$$\begin{aligned} S_{ji} e^{r\Delta t} &= E(S_{j,i+1}) \\ &= pS_{ji}u + (1-p)S_{ji}d \\ &= pS_{j+1,i+1} + (1-p)S_{j,i+1} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Sehingga bentuk rekursif untuk *option value* (V) adalah

$$\begin{aligned} V_{ji} &= e^{-r\Delta t} E(V_{j,i+1}) \\ &= e^{-r\Delta t} E(V_{ji} e^{r\Delta t}) \\ &= e^{-r\Delta t} (pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}) \end{aligned} \quad (2.24)$$

Jadi, nilai untuk opsi *call* adalah

$$V_{jM} = \max(S_{jM} - K, 0) \quad (2.25)$$

dan

$$V_{ji} = e^{-r\Delta t} (pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}) \quad (2.26)$$

Sedangkan untuk opsi *put* adalah

$$V_{jM} = \max(K - S_{jM}, 0) \quad (2.27)$$

dan

$$V_{ji} = e^{-r\Delta t} (pV_{j+1,i+1} + (1-p)V_{j,i+1}) \quad (2.28)$$

Pada penerapannya, pembangunan pohon binomial untuk merepresentasikan pergerakan harga saham memerlukan pemilihan parameter u dan d agar sesuai dengan volatilitas harga saham. Misalkan *risk-free rate* adalah r dan volatilitasnya adalah σ . Pergerakan harga saham selama langkah pertama dalam pohon binomial diasumsikan terjadi dalam interval waktu sepanjang Δt . Pada langkah ini, harga saham dapat meningkat secara proporsional sebesar u atau menurun sebesar d . Probabilitas terjadinya kenaikan harga saham diasumsikan sebesar p (Hull, 2003).

Harga saham yang diharapkan pada akhir langkah pertama adalah $S_i e^{r\Delta t}$. Di sini S_i merupakan suatu nilai sebarang untuk t_i yang secara acak berubah menjadi S_{i+1} . Sehingga pada persamaan (2.22) dan (2.23) memberikan (Hull, 2003).

$$e^{r\Delta t} = pu + (1 - p)d \quad (2.29)$$

Ini merupakan persamaan pertama yang diperlukan untuk menentukan u, d, p . Selanjutnya dengan menyelesaikan persamaan (2.24) terhadap p , nilai p dapat diperoleh:

$$e^{r\Delta t} = pu + (1 - p)d \quad (2.30)$$

atau

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (2.31)$$

Selanjutnya volatilitas dari harga saham didefinisikan sedemikian rupa sehingga $\sigma\sqrt{\Delta t}$ merupakan standar deviasi dari *return* harga saham dalam periode waktu singkat sepanjang Δt . Secara ekuivalen, variansi *return* dinyatakan sebagai $\sigma^2\sqrt{\Delta t}$. Variansi dapat dihitung dengan rumus berikut (Hull, 2003),

$$pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 \quad (2.32)$$

Untuk menyesuaikan nilai volatilitas saham dengan struktur parameter dalam pohon. Persamaan berikut harus dipenuhi,

$$pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 = \sigma^2 \Delta t \quad (2.33)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.32) dan (2.33), diperoleh

$$e^{r\Delta t}(u+d) - ud - e^{2r\Delta t} = \sigma^2 \Delta t \quad (2.34)$$

Jika suku-suku dalam orde Δt^2 dan lebih tinggi diabaikan, maka salah satu solusi dari persamaan ini diberikan oleh:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2.35)$$

Nilai-nilai dari parameter-parameter pada persamaan (2.35) dan persamaan (2.31) diperkenalkan oleh Cox, Ross, dan Rubinstein yang dikenal dengan *Binomial Tree* atau *Binomial CRR Tree*.

2.1.5 Metode Tian Tree

Model *Tian Tree* diperkenalkan oleh Tian (1993) sebagai modifikasi dari model *CRR Tree*, yaitu dengan melakukan pendekatan yang menghasilkan versi modifikasi dari model CRR asli. Dalam pendekatan ini, Tian menyusun kembali parameter-parameter dalam model CRR sehingga diperoleh tiga parameter baru yang berbeda, yaitu:

$$p = \frac{X-d}{u-d}, q = 1-p = \frac{u-X}{u-d} \quad (2.36)$$

$$u = \frac{XY}{2} \left[(Y+1) + \sqrt{Y^2 + 2Y - 3} \right] \quad (2.37)$$

$$d = \frac{XY}{2} \left[(Y+1) - \sqrt{Y^2 + 2Y - 3} \right] \quad (2.38)$$

atau dapat ditulis

$$ud = (XY^2) \quad (2.39)$$

dengan,

$$X = e^{r\Delta t} \quad (2.40)$$

$$Y = e^{\sigma^2 \Delta t} \quad (2.41)$$

2.1.6 Metode *Black-Scholes* pada Perhitungan Opsi *Barrier*

Pada awal tahun 1970-an, Fisher Black dan Myron Scholes menemukan formula penting untuk menghitung harga opsi, yang menjadi terobosan besar dalam bidang keuangan dan investasi. Dalam penelitian mereka pada tahun 1973, Black dan Scholes adalah orang yang pertama kali memperkenalkan formula yang tepat untuk menghitung harga opsi Eropa (Laamena, 2021). Rumus untuk menghitung nilai opsi *call* dan *put* opsi Eropa adalah (Hull, 2003):

$$C = S_0 e^{-gT} N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (2.42)$$

$$P = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 e^{-gT} N(-d_1) \quad (2.43)$$

dengan,

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - g + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (2.44)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - g - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.45)$$

di mana:

S_0 : Harga saham awal

K : Harga kesepakatan

g : Tingkat pembayaran dividen

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

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

r : *Risk-free rate*

Adapun metode *Black-Scholes* dalam penentuan harga opsi *barrier* adalah sebagai berikut (Hull, 2003):

1. *Down and in*

Nilai opsi *down and in call*:

$$C_{di} = \begin{cases} C - C_{do}, & B \geq K \\ AN(y) - B_1 N(E), & B < K \end{cases} \quad (2.46)$$

Sedangkan nilai opsi *down and in put*:

$$P_{di} = \begin{cases} P, & B \geq K \\ -C_1 N(-x_1) + DN(-G) + A[N(y) - N(y_1)] - B_1[N(E) - N(F)], & B < K \end{cases} \quad (2.47)$$

dengan,

$$\lambda = \frac{r - g + \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2} \quad (2.48)$$

$$y = \frac{\ln \left[\frac{B^2}{(S_0 K)} \right]}{\sigma \sqrt{T}} + \lambda \sigma \sqrt{T} \quad (2.49)$$

$$x_1 = \frac{\ln \left(\frac{S_0}{B} \right)}{\sigma \sqrt{T}} + \lambda \sigma \sqrt{T} \quad (2.50)$$

$$y_1 = \frac{\ln \left(\frac{B}{S_0} \right)}{\sigma \sqrt{T}} + \lambda \sigma \sqrt{T} \quad (2.51)$$

$$A = S_0 e^{-gT} \left(\frac{B}{S_0} \right)^{2\lambda} \quad (2.52)$$

$$B_1 = K e^{-rT} \left(\frac{B}{S_0} \right)^{2\lambda-2} \quad (2.53)$$

$$C_1 = S_0 e^{-gT} \quad (2.54)$$

$$D = K e^{-rT} \quad (2.55)$$

$$E = y - \sigma \sqrt{T} \quad (2.56)$$

$$F = y_1 - \sigma \sqrt{T} \quad (2.57)$$

$$G = x_1 - \sigma \sqrt{T} \quad (2.58)$$

di mana:

B : Nilai *barrier*

C_{do} : *Down and out call*

2. *Down and out*

Nilai opsi *down and out call*:

$$C_{do} = \begin{cases} C_1 N(x_1) - DN(G) - AN(y_1) + B_1 N(F), & B \geq K \\ C - C_{di}, & B < K \end{cases} \quad (2.59)$$

Sedangkan nilai opsi *down and out put*:

$$P_{do} = \begin{cases} 0, & B \geq K \\ P - P_{di}, & B < K \end{cases} \quad (2.60)$$

3. *Up and in*

Nilai opsi *up and in call*:

$$C_{ui} = \begin{cases} C, & B \leq K \\ C_1 N(x_1) - DN(G) - A[N(-y) - N(-y_1)] + B_1[N(-E) - N(-F)], & B > K \end{cases} \quad (2.61)$$

Sedangkan nilai opsi *up and in put*:

$$P_{ui} = \begin{cases} P - P_{uo}, & B \leq K \\ -AN(-y) + B_1N(-E), & B > K \end{cases} \quad (2.62)$$

4. *Up and out*

Nilai opsi *up and out call*:

$$C_{uo} = \begin{cases} 0, & B \leq K \\ C - C_{ui}, & B > K \end{cases} \quad (2.63)$$

Sedangkan nilai opsi *up and out put*:

$$P_{uo} = \begin{cases} -C_1N(-x_1) + DN(-G) + AN(-y_1) - B_1N(-F), & B \leq K \\ P - P_{ui} & B > K \end{cases} \quad (2.64)$$

2.1.7 Distribusi Normal

Salah satu jenis peubah acak yang paling penting adalah variabel acak kontinu yang memiliki fungsi kepadatan tertentu. Jika X memiliki fungsi kepadatan (Higham, 2004),

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (2.65)$$

maka X mengikuti distribusi normal standar dan dinotasikan $X \sim N(0,1)$, dengan rata-rata 0 dan variansi 1. Dengan demikian, X memiliki nilai harapan $E(X) = 0$ dan variansi $Var(X) = 1$. Secara lebih umum, jika peubah acak mengikuti distribusi $N(\mu, \sigma^2)$, maka memiliki fungsi kepadatan,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.66)$$

di mana:

μ : Rata-rata

σ^2 : Variansi

2.1.8 Galat

Metode numerik sering menghadapi masalah *error* atau kesalahan, yang menunjukkan kemungkinan kesalahan nilai yang akan terjadi. Penyelesaian numerik pada persamaan matematika menghasilkan perkiraan nilai yang mendekati dengan nilai asli, sehingga hasil yang diperoleh pasti mengandung galat atau kesalahan dibandingkan dengan nilai penyelesaian yang tepat. Galat yang lebih kecil menunjukkan bahwa hasil perhitungan numerik semakin akurat. Nilai galat positif maupun negatif tidak berpengaruh pada hasil, sehingga perhitungan dilakukan dengan menggunakan tanda mutlak, dan terdefinisi (Maharini & Suprpto, 2018),

$$\varepsilon = |V_{0,0} - C_{BS}, P_{BS}| \quad (2.67)$$

di mana:

ε : Galat (*Error*)

$V_{0,0}$: Harga Opsi Metode Binomial *Tian Tree*

V_{BS} : Harga Opsi Metode *Black-Scholes*

Ukuran galat tidak memberikan gambaran yang jelas tentang seberapa besar galat tersebut terhadap nilai aslinya. Misalnya, jika panjang tali adalah 99 cm dan panjang aslinya 100 cm, maka galatnya 1 cm. Demikian pula, jika panjang pensil adalah 9 cm dan panjang aslinya 10 cm, galatnya juga 1 cm. Tetapi galat 1 cm pada pensil lebih signifikan daripada tali karena proporsinya berbeda. Tanpa informasi tentang panjang aslinya, kita cenderung menganggap kedua galat tersebut setara. Oleh karena itu, penting untuk menormalkan galat terhadap nilai sebenarnya, yang dikenal sebagai galat relatif (ε_R). Galat relatif terdefinisi (Maharini & Suprpto, 2018),

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{C_{BS}, P_{BS}} \quad (2.68)$$

Sehingga dalam bentuk presentase,

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{C_{BS}, P_{BS}} \times 100\% \quad (2.69)$$

Secara umum, metode dianggap semakin baik apabila memiliki nilai *error* yang semakin kecil. Kesalahan dapat dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang merupakan salah satu ukuran *error* paling umum dalam peramalan. MAPE menghitung perbedaan antara data aktual dan hasil peramalan. Salah satu keunggulan MAPE adalah hasilnya disajikan dalam bentuk persentase, sehingga memudahkan perbandingan antar model peramalan. Persamaan untuk menghitung MAPE adalah sebagai berikut (Khoiri, 2023),

$$MAPE = \left(\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \varepsilon_R \right) \times 100 \quad (2.70)$$

di mana:

ε_R : Galat Relatif

M : Jumlah partisi yang digunakan

Interpretasi hasil berdasarkan pada nilai MAPE dijelaskan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Interpretasi Nilai MAPE

Nilai Mape (%)	Interpretasi
≤ 10	Hasil peramalan sangat akurat
10 – 20	Hasil peramalan baik
20 – 50	Hasil peramalan layak (cukup baik)
> 50	Hasil permalan tidak akurat

2.2 Konsep Hisab Menurut Islam

Menurut Kamus al-Ma’any, kata *hisab* mengandung arti sebagai perhitungan, pemeriksaan, dan pertimbangan. Di sisi lain, sinonim dari *hisab* adalah *hasib*, yang

berarti perkiraan atau mengira. Berdasarkan hal ini, dapat disimpulkan bahwa *hisab* dan *hasib* memiliki kedudukan yang agak berbeda. Salah satu perhitungan (*hisab*) adalah Perhitungan waktu (Mujahid & Rusmana, 2022), sesuai firman Allah yang tersirat dalam Al-Qur'an surat Al-Isra ayat 12 yang memiliki arti:

“Dan kami jadikan malam dan siang sebagai dua tanda, maka kami hapuskan tanda malam dan kami jadikan tanda siang yang menerangi, agar kamu mencari karunia dari Tuhanmu dan agar kamu mengetahui jumlah tahun dan perhitungan (waktu, dan segala sesuatu kami terangkan dengan jelas)” (Kementrian Agama, 2017).

Berdasarkan ayat di atas, terdapat kata ‘perhitungan’ yang merujuk pada perhitungan waktu, yang diwakili oleh tanda kebesaran Allah, yaitu pergantian malam dan siang. Pergantian waktu ini memungkinkan manusia untuk mengetahui jumlah tahun dan berbagai jenis perhitungan lainnya. Dalam ayat tersebut, terdapat juga kata ‘jumlah’. Perbedaan antara ‘jumlah’ dan ‘perhitungan’ terletak pada pengertian masing-masing. ‘jumlah’ berfokus pada perhitungan terhadap setiap unsur yang menyusun sesuatu. Misalnya, jumlah hari selama satu tahun yaitu 365 hari. Sementara itu, ‘perhitungan’ lebih berkaitan dengan perhitungan atas sekumpulan elemen yang membentuk satu keseluruhan, seperti satu tahun yang berjumlah dua belas bulan, di mana setiap bulan terdiri dari sekitar tiga puluh hari dan setiap hari memiliki dua puluh empat jam. Ini menunjukkan bahwa Allah telah menjelaskan segala sesuatu yang dibutuhkan manusia, baik dalam hal agama maupun kehidupan dunia dengan sangat jelas dan tanpa kerancuan. Salah satu contohnya adalah perhitungan waktu, yang ditentukan melalui pergantian malam dan siang (Az-Zuhaili, 2013).

Pada *hasib* (perkiraan) juga digunakan untuk menggambarkan keagungan Allah dalam mengatur dan memprediksi kejadian dalam kehidupan manusia serta

di alam semesta yang tersirat dalam Al-Quran surat Al-Anfal yang artinya:

"Dan (ingatlah), ketika Allah menjanjikan kepadamu salah satu dari dua golongan (yang kamu harapkan) akan menjadi milikmu, sedang kamu menginginkan bahwa yang tidak mempunyai kekuatan senjata itulah yang menjadi milikmu. Tetapi Allah menghendaki untuk membenarkan yang hak (Islam) dengan ayat-ayat-Nya dan memusnahkan orang-orang kafir" (Kementrian Agama, 2017).

Ayat di atas menggambarkan keagungan Allah dalam mengatur rencana dan takdirnya yang melampaui pemahaman manusia. Makna mendalam dari ayat tersebut mengandung beberapa dimensi fundamental dalam pemahaman teologis. Pertama, ayat ini menunjukkan bahwa perkiraan (*hasib*) manusia sangatlah terbatas dan tidak dapat menembus rencana Allah yang mutlak (Al-Wahidi, 1994). Kedua, ia mengajarkan bahwa setiap peristiwa dalam kehidupan memiliki dimensi spiritual yang melampaui pemahaman inderawi manusia. Ketiga, ayat ini mendorong manusia untuk senantiasa berserah diri dan percaya bahwa setiap rencana Allah adalah yang terbaik, meskipun pada awalnya tampak tidak sesuai dengan harapan manusia (Kementerian Agama RI, 2010).

2.3 Kajian Penelitian dengan Teori Pendukung

Kajian pendukung pada penelitian ini diperoleh dari penelitian sebelumnya mengenai topik yang akan diteliti oleh peneliti yaitu perhitungan opsi *barrier* menggunakan metode Binomial Tian *Tree* kemudian dibandingkan dengan metode *Black-Scholes*. Penelitian yang melakukan penelitian dengan metode Binomial Tian *Tree* yaitu Alfinnikmah (2020). Pada penelitiannya, dijelaskan mengenai metode Tian *Tree* untuk menentukan harga opsi *vanilla call* dan *put* tipe Eropa, lalu dibandingkan dengan metode Binomial CRR *Tree*. Hasil penelitiannya diperoleh bahwa metode Tian *Tree* menghasilkan nilai opsi *call* dan *put* yang lebih mendekati

metode *Black-Scholes*, terutama pada jumlah partisi yang besar. Selain itu, nilai *error* atau galat yang dihasilkan oleh metode *Tian Tree* cenderung lebih kecil dibandingkan dengan *CRR Tree*, seperti pada partisi ke 200 dan 250, harga opsi *put* *CRR Tree* adalah sebesar 4,3422 dan 4,3391 dengan nilai *error* sebesar 0,0016 dan 0,0015. Sedangkan pada harga opsi *put* *Tian Tree* adalah sebesar 4,3421 dan 4,3392 dengan nilai *error* sebesar 0,0015 dan 0,0014. Selain itu, grafik perbandingan *error* juga menunjukkan bahwa *Tian Tree* lebih cepat mencapai konvergensi dibandingkan dengan *CRR Tree*, yang mengindikasikan bahwa metode *Tian Tree* lebih unggul dalam menghasilkan nilai opsi yang akurat dan cepat konvergen dibandingkan dengan metode *CRR Tree*.

Penelitian selanjutnya yang mengenai perhitungan metode Binomial pada opsi *barrier* yaitu Saleh (2019). Pada penelitiannya, dihitung harga opsi *barrier call* dan *put* jenis *down and out* menggunakan metode Binomial fleksibel. Hasil penelitiannya diperoleh bahwa perhitungan harga opsi *barrier* jenis *down and out* menggunakan metode Binomial fleksibel menunjukkan kecenderungan harga yang berbeda tergantung pada jenis opsi dan nilai *strike price* (harga eksekusi). Untuk opsi *call*, harga semakin menurun ketika *strike price* meningkat. Sebagai contoh, dengan nilai *strike price* 800, harga opsi mencapai 256,5884, namun dengan *strike price* 1050, harga turun menjadi 24,38366. Sebaliknya, untuk opsi *put*, harga menunjukkan peningkatan seiring kenaikan *strike price*, dengan *strike price* 800, harga opsi nol, tetapi pada nilai 1050, harganya mencapai 3,236423.

Penelitian terkait metode *Black-Scholes* telah diteliti oleh Khaerunnisa (2017) yang meneliti mengenai penentuan harga opsi *barrier call* dengan menggunakan metode *Black-scholes*. Dalam penelitiannya, digunakan opsi *barrier* jenis *call up*

and out dan *call up and in*. Hasil penelitiannya diperoleh nilai harga opsi *barrier call up and out* sebesar 0,1245 dan *call up and in* sebesar 49,2689 dengan menggunakan metode *Black-Scholes*. Namun pada jenis *call up and out* tidak akan dieksekusi karena harga saham penutupan mencapai harga *barrier*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan disini adalah pendekatan kuantitatif dan studi literatur. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini dilakukan pendekatan kajian pustaka dengan merujuk pada buku-buku dan referensi yang relevan. Selain itu, penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode numerik yang melibatkan analisis untuk mengetahui hasil keakuratan konvergensi metode yang digunakan.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data saham penutupan (*close*) Microsoft Corporation (MSFT) pada tanggal 1 November 2022 sampai 31 Oktober 2024. Data saham penutupan dipilih karena merepresentasikan nilai akhir transaksi saham dalam satu hari perdagangan dan sering digunakan dalam analisis perhitungan model harga opsi. Data dalam penelitian ini diperoleh dari laman investing.com yang diakses pada tanggal 1 November 2024. Data saham *close* dan *open* terlampir pada lampiran 1. Data *open* dilampirkan sebagai informasi tambahan guna memberikan gambaran lebih lengkap terhadap pergerakan harga saham harian.

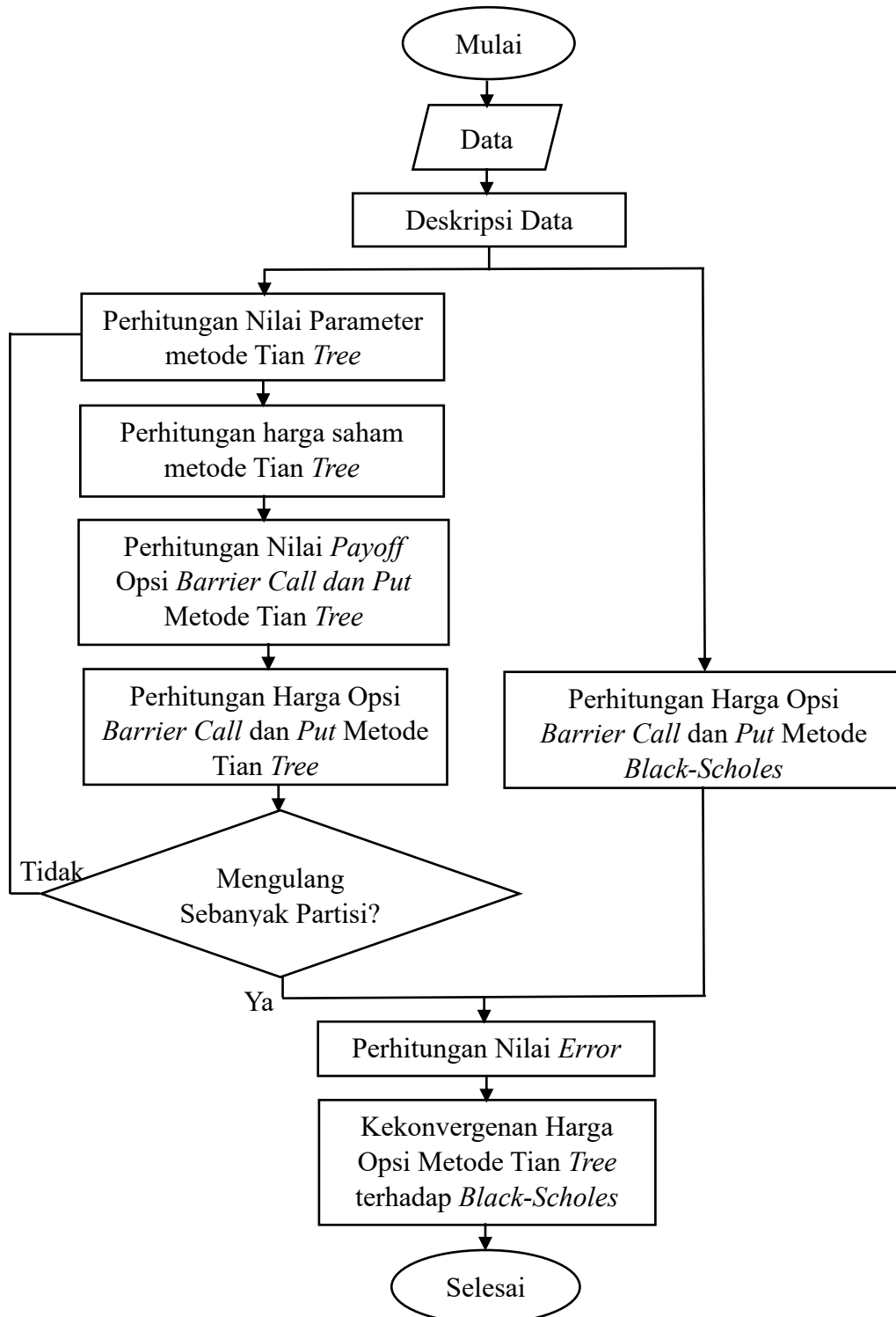
3.3 Teknik Analisis Data

Adapun langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Deskripsi data
 - a. Menggambar *plot* data historis harga saham Microsoft Corporation.
 - b. Menghitung *return* saham (R_z), rata-rata *return* ($\bar{R}$), standar deviasi (s), dan volatilitas harga saham (σ).
 - c. Menetapkan harga saham awal (S_0), harga kesepakatan (K), waktu jatuh tempo (T), *risk-free rate* (r), nilai *barrier* (B), dan jumlah partisi (M).
2. Perhitungan harga opsi *barrier* menggunakan metode Binomial Tian Tree:
 - a. Menghitung nilai parameter Tian Tree yaitu kenaikan harga saham, penurunan harga saham, peluang kenaikan harga saham, dan peluang penurunan harga saham.
 - b. Menghitung harga saham dalam setiap periode sampai waktu jatuh tempo.
 - c. Menghitung nilai *payoff* opsi *barrier call* dan *put* pada saat jatuh tempo.
 - d. Menghitung harga opsi *barrier call* dan *put* dengan *backward induction*.
 - e. Mengulang langkah (a, b, c, d, e) sebanyak partisi yang ditentukan.
3. Keakuratan metode Binomial Tian Tree dengan menggunakan metode Black-Scholes:
 - a. Menghitung nilai opsi *barrier call* dan *put* metode Black-Scholes.
 - b. Menghitung nilai *error* setiap partisi harga opsi metode Binomial Tian Tree terhadap harga opsi metode Black-Scholes.
 - c. Menganalisis kekonvergenan harga opsi metode Binomial Tian Tree terhadap Black-Scholes.

3.4 Flowchart

Tahap teknik analisis data dirangkum dalam suatu *flowchart* yang ada pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Langkah pertama dalam menghitung nilai opsi *barrier* adalah menentukan harga saham. Investor biasanya mempertimbangkan pergerakan harga saham sebagai salah satu faktor utama sebelum memutuskan untuk menanamkan modal pada suatu perusahaan. Pada penelitian ini, digunakan data historis harga saham Microsoft Corporation yang berasal dari laman *investing.com* pada tanggal 1 November 2022 sampai 31 Oktober 2024 yang disajikan pada gambar 4.1. Data selengkapnya terlampir pada lampiran 1.



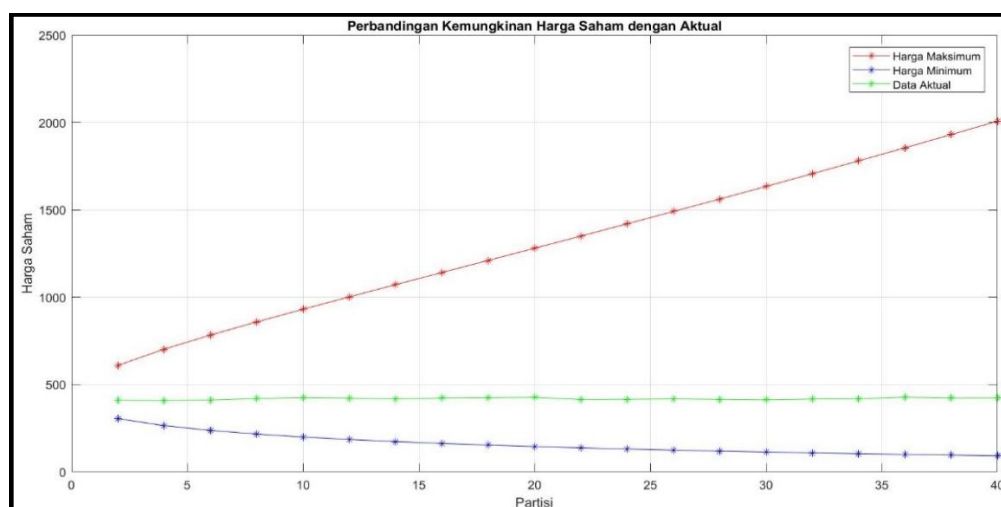
Gambar 4.1 Grafik Data Harga Penutupan Saham

Pada gambar 4.1 ditunjukkan bahwa pergerakan harga saham yang digambarkan pada garis berwarna merah terus tersambung hingga waktu ke 503. Perubahan harga saham menunjukkan fluktuasi, yang dapat bergerak naik atau turun yang dipengaruhi oleh faktor naik (u) dan faktor turun (d). Harga saham

secara bertahap bergerak ke atas. Oleh karena itu, pergerakan harga saham dapat dikategorikan sebagai tren naik (*uptrend*).

Pada gambar 4.1 juga ditunjukkan bahwa jumlah variabel data harga saham (N) sebanyak 503 data dengan harga saham terakhir sebesar \$406,35 yang terjadi pada tanggal 31 Oktober 2024. Harga saham minimum sebesar \$214,25 terjadi pada tanggal 03 November 2022 yang kemungkinan disebabkan oleh dampak lanjutan dari pandemi covid-19 yang masih memengaruhi perekonomian global. Sebaliknya, harga saham maksimum sebesar \$467,56 terjadi pada tanggal 05 Juli 2024 yang didorong oleh pesatnya perkembangan AI, di mana Microsoft berinvestasi besar dalam teknologi ini, seperti Microsoft 365 dan kerja sama dengan OpenAI yang meningkatkan optimisme investor.

Selanjutnya adalah membandingkan data harga saham aktual bulan November 2024 dengan kemungkinan harga saham yang dihitung menggunakan metode Binomial Tian *Tree*. Perbandingan ini dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan dan validitas metode Binomial Tian *Tree* dalam memperkirakan harga saham. Grafik perbandingan antara harga saham aktual dan hasil perhitungan metode Binomial Tian *Tree* dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Kemungkinan Harga Saham dan Aktual

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa seluruh data harga saham aktual berada dalam rentang harga minimum dan maksimum yang dihitung menggunakan metode Binomial Tian Tree. Hal ini menunjukkan bahwa metode Binomial Tian Tree mampu mengestimasi kisaran harga saham dengan cukup baik. Selain itu, digunakan juga partisi sebanyak 40 bentuk penggambaran dari dua kali jumlah hari perdagangan pada bulan November 2025 yang memiliki total 20 hari perdagangan saham.

Selanjutnya adalah menghitung *return* saham (R_z) berdasarkan data historis penutupan harga saham. Perhitungan *return* saham digunakan untuk menghitung volatilitas harga saham (σ) serta *risk-free rate* (r). *Return* saham di hitung menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \ln \frac{S_1}{S_0} = \ln \frac{220,10}{228,17} \approx -0,036 \\
 R_2 &= \ln \frac{S_2}{S_1} = \ln \frac{214,25}{220,10} \approx -0,027 \\
 &\vdots \\
 R_{501} &= \ln \frac{S_{501}}{S_{500}} = \ln \frac{432,53}{431,95} \approx 0,001 \\
 R_{502} &= \ln \frac{S_{502}}{S_{501}} = \ln \frac{406,35}{432,53} \approx -0,062
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Hasil perhitungan *return* saham di atas disajikan secara lengkap dalam tabel yang terdapat pada lampiran 2.

Berdasarkan perhitungan *return* saham pada persamaan (4.1), diperoleh nilai rata-rata *return* dengan menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 \bar{R} &= \frac{1}{502} [(-0,036) + (-0,027) + \dots + (0,001) + (-0,062)] \\
 &= \frac{0,577}{502} \\
 &\approx 0,001
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Selanjutnya adalah menghitung volatilitas harga saham, volatilitas harga saham dihitung menggunakan standar deviasi dan panjang interval waktu perdagangan dalam 1 tahun (τ), standar deviasi dari *return* harga saham dihitung menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{1}{502-1} ((-0,036 - 0,001)^2 + \dots + (-0,062 - 0,001)^2)} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{501} (0,001 + \dots + 0,004)} \\
 &= \sqrt{\frac{0,117}{501}} \\
 &\approx 0,0153
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

Sedangkan τ dihitung berdasarkan asumsi panjang interval waktu perdagangan dalam 1 tahun, yaitu sebesar 252 hari. Berdasarkan asumsi tersebut, dengan menggunakan persamaan (2.5), diperoleh

$$\tau = \frac{1}{252} \approx 0,003968 \tag{4.4}$$

Sehingga nilai volatilitas harga saham dengan menggunakan persamaan (2.4) adalah sebagai berikut,

$$\sigma = \frac{0,0153}{\sqrt{0,003968}} = \frac{0,0153}{0,06299} \approx 0,243 \tag{4.5}$$

Pada perhitungan harga opsi *barrier*, terdapat beberapa parameter yang dibutuhkan yaitu harga saham awal (S_0), harga kesepakatan (K), waktu jatuh tempo (T), *risk-free rate* (r), Volatilitas (σ), nilai *barrier* (B), dan jumlah partisi (M).

Berikut nilai-nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan harga opsi:

1. $S_0 = \$406,35$, diperoleh dari data harga saham terakhir Microsoft Corporation pada tanggal 31 Oktober 2024.
2. $K = \$410$, diperoleh dari laman investing.com.

3. $T = 1$, waktu jatuh tempo yang digunakan adalah selama satu tahun.
4. $r = 0,001$, diperoleh dari nilai rata-rata *return* saham yang terdapat pada persamaan (4.2), sehingga $r = \bar{R}$.
5. $\sigma = 0,243$, diperoleh dari perhitungan volatilitas harga saham pada persamaan (4.5).
6. $B = \$214,25$ untuk jenis *down and out* dan $\$467,56$ untuk jenis *up and out*, diperoleh dari nilai minimum dan maksimum harga saham Microsoft Corporation pada tanggal 1 November 2022 sampai 31 Oktober 2024.
7. $M = 504$, diperoleh berdasarkan banyak hari perdagangan selama satu tahun di pasar saham, dengan asumsi terdapat sekitar 252 hari perdagangan. Pada penelitian ini digunakan partisi dua kali banyak hari perdagangan dalam satu tahun, yaitu $252 \times 2 = 504$.

4.2 Perhitungan Harga Opsi *Barrier* Menggunakan Metode Binomial Tian Tree

Pada perhitungan harga opsi *barrier* menggunakan metode Binomial Tian Tree, terdapat beberapa parameter yang digunakan yaitu faktor kenaikan harga saham (u), faktor turun harga saham (d), peluang kenaikan harga saham (p), dan peluang penurunan harga saham (q). Sebelum menghitung beberapa parameter tersebut, di hitung terlebih dahulu parameter yang terdapat pada persamaan (2.16), (2.40), dan (2.41) dengan menggunakan jumlah partisi (M) sebanyak 504 yaitu sebagai berikut,

$$\Delta t = \frac{1}{504} \approx 0,002 \quad (4.6)$$

$$X = e^{0,001 \times 0,002} \approx 1,0000023 \quad (4.7)$$

$$Y = e^{(0,243)^2 \times 0,002} \approx 1,0001170 \quad (4.8)$$

Selanjutnya adalah menghitung u dan d menggunakan persamaan (2.37) dan (2.38) yaitu:

$$\begin{aligned} u &= \frac{1,0000023 \times 1,0001170}{2} \left[(1,0001170 + 1) + \sqrt{1,0001170^2 + 2 \times 1,0001170 - 3} \right] \\ &= 0,50006 [2,02175] \\ &\approx 1,0109981 \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{1,0000023 \times 1,0001170}{2} \left[(1,0001170 + 1) - \sqrt{1,0001170^2 + 2 \times 1,0001170 - 3} \right] \\ &= 0,50006 [1,97848] \\ &\approx 0,9893576 \end{aligned} \quad (4.10)$$

dan menghitung p dan q menggunakan persamaan (2.36) yaitu:

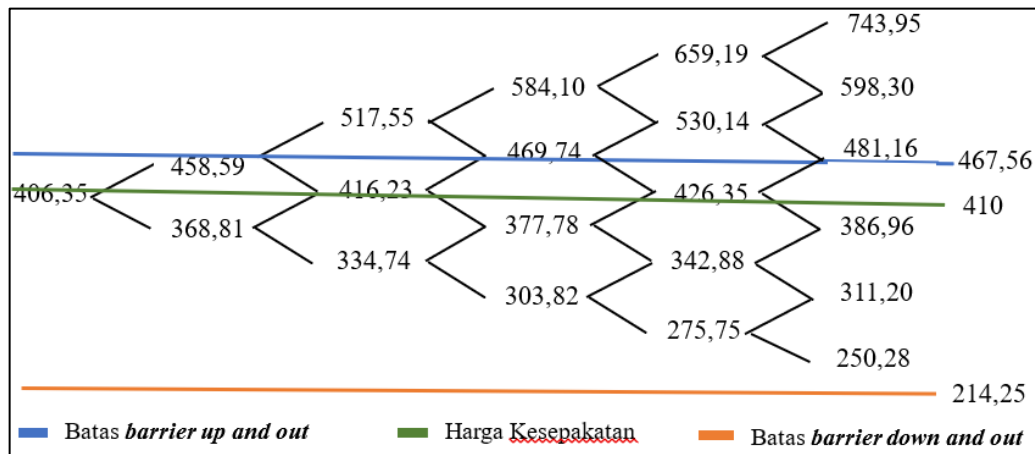
$$p = \frac{1,0000023 - 0,9893576}{1,0109981 - 0,9893576} = \frac{0,010645}{0,021640} = 0,4919 \quad (4.11)$$

$$q = 1 - 0,4919 = 0,5081 \quad (4.12)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung harga saham. Pada metode Tian *Tree*, perhitungan harga saham dilakukan menggunakan persamaan (2.21). sebagai ilustrasi perhitungan secara manual, harga saham dihitung untuk lima periode yaitu $M = 5$ dengan perulangan i dari 0 hingga 5, dan untuk setiap nilai i , dilakukan perulangan j dari 0 hingga i . Hasil perhitungan untuk lima periode diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
S_{0,1} &= \$406,35 \cdot 1,128569^0 \cdot 0,907619^1 = \$368,81 \\
S_{1,1} &= \$406,35 \cdot 1,128569^1 \cdot 0,907619^0 = \$458,59 \\
S_{0,2} &= \$406,35 \cdot 1,128569^0 \cdot 0,907619^2 = \$334,74 \\
&\vdots \\
S_{2,2} &= \$406,35 \cdot 1,128569^2 \cdot 0,907619^0 = \$517,55 \\
&\vdots \\
S_{0,5} &= \$406,35 \cdot 1,128569^0 \cdot 0,907619^5 = \$250,28 \\
&\vdots \\
S_{5,5} &= \$406,35 \cdot 1,128569^5 \cdot 0,907619^0 = \$743,95
\end{aligned} \tag{4.13}$$

Model simulasi perhitungan harga saham untuk metode Binomial Tian *Tree* pada opsi *barrier down and out* dan *up and out* dapat digambarkan pada pohon Binomial saat lima periode sebagai berikut,



Gambar 4.3 Model Pergerakan Harga Saham dengan $M = 5$

Pada gambar 4.3 ditunjukkan perhitungan harga saham menggunakan metode Tian *Tree* hingga lima periode. Pada periode kedua, terdapat harga saham yang menyentuh atau melewati batas *barrier*, yang menunjukkan bahwa harga saham berada dalam rentang yang memungkinkan opsi tidak aktif. Dapat dilihat bahwa terdapat dua jenis *barrier* yaitu *up and out* (garis biru) yang menandakan jika harga saham menyentuh atau melewati batas atas, maka opsi tidak berlaku dan *down and*

out (warna oranye) yang menandakan jika harga saham turun dan menyentuh batas bawah, opsi juga menjadi tidak berlaku.

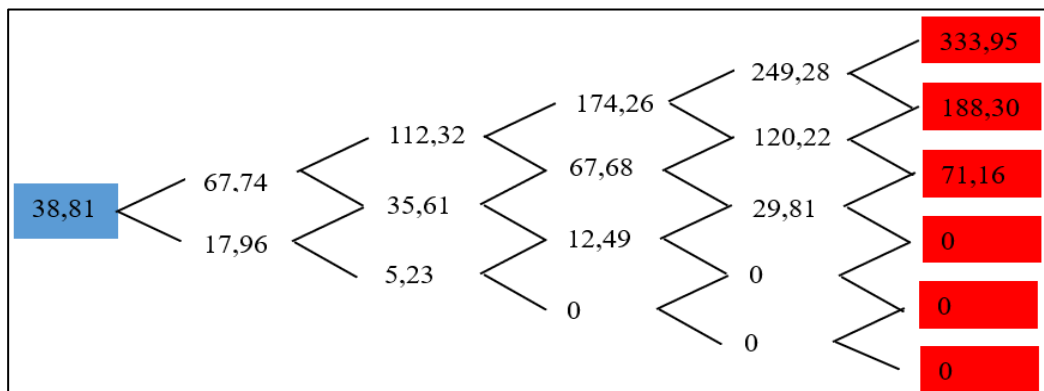
Langkah selanjutnya adalah menghitung *payoff* serta harga opsi *call* dan *put*. *Payoff* untuk opsi *call* dihitung menggunakan persamaan (2.25), sedangkan harga opsi *call* dihitung menggunakan persamaan (2.26). dalam perhitungan ini, opsi *call* menggunakan jenis *down and out* dan opsi *put* menggunakan jenis *up and out*. Dengan mempertimbangkan perhitungan harga saham serta batas *barrier* (*B*) yang telah ditentukan, hasil perhitungan *payoff* untuk opsi *call* diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{5,5} &= \max((\$743,95 - \$410), 0) = \$333,95 \\ &\vdots \\ V_{0,5} &= \max((\$250,28 - \$410), 0) = \$0 \end{aligned} \quad (4.14)$$

Sehingga hasil perhitungan harga opsi *call* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{4,4} &= e^{-0,001 \times 0,2} (0,4190 \cdot \$333,95 + 0,5810 \cdot \$188,30) = \$249,28 \\ V_{3,4} &= e^{-0,001 \times 0,2} (0,4190 \cdot \$188,30 + 0,5810 \cdot \$71,16) = \$120,22 \\ &\vdots \\ V_{0,0} &= e^{-0,001 \times 0,2} (0,4190 \cdot \$67,74 + 0,5810 \cdot \$17,96) = \$38,81 \end{aligned} \quad (4.15)$$

Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.14) dan (4.15) diperoleh model simulasi perhitungan harga opsi *call* sebagai berikut,



Gambar 4.4 *Payoff dan Harga Opsi Down and Out Call*

Pada gambar 4.4 ditunjukkan bahwa kolom yang berwarna merah menandakan *payoff* yang didapatkan dari nilai *strike price* dan harga saham pada saat waktu jatuh tempo. Sedangkan kolom biru menandakan harga opsi. Dapat dilihat pada gambar 4.3 bahwa harga saham tidak ada yang menyentuh atau melewati nilai batas bawah sehingga harga opsi tetap aktif. Harga opsi *down and out call* dengan partisi ke-5 diperoleh \$38,81.

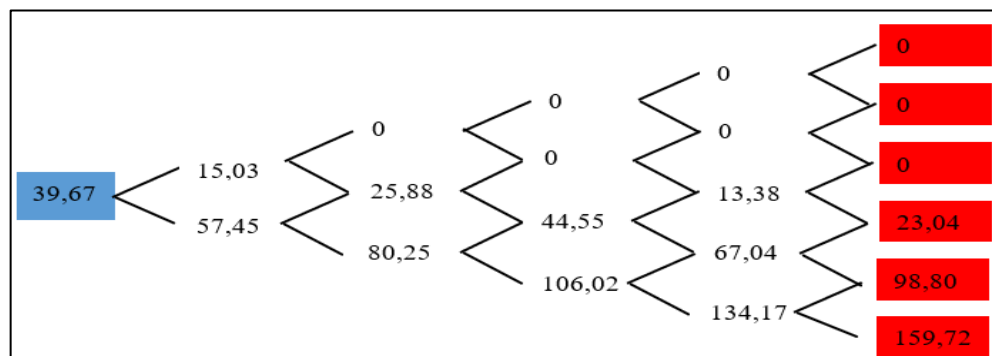
Sedangkan *Payoff* untuk opsi *put* dihitung menggunakan persamaan (2.27) dan harga opsi *put* dihitung menggunakan persamaan (2.28). Dengan mempertimbangkan perhitungan harga saham serta batas *barrier* (B) yang telah ditentukan, hasil perhitungan *payoff* untuk opsi *put* diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{5,5} &= \max((\$410 - \$743,95), 0) = \$0 \\ &\vdots \\ V_{0,5} &= \max((\$410 - \$250,28), 0) = \$159,72 \end{aligned} \quad (4.16)$$

Sehingga hasil perhitungan harga opsi *put* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{4,4} &= e^{-0,001 \times 0,2} (0,4190 \cdot \$0 + 0,5810 \cdot \$0) = \$0 \\ V_{3,4} &= e^{-0,001 \times 0,2} (0,4190 \cdot \$0 + 0,5810 \cdot \$0) = \$0 \\ &\vdots \\ V_{0,0} &= e^{-0,001 \times 0,2} (0,4190 \cdot \$15,03 + 0,5810 \cdot \$57,45) = \$39,67 \end{aligned} \quad (4.17)$$

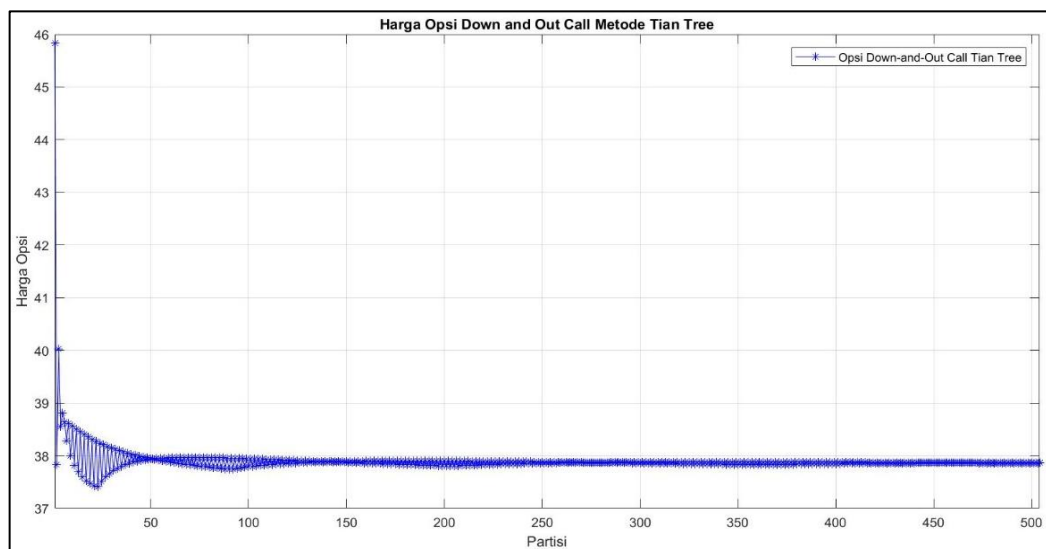
Berdasarkan perhitungan pada persamaan (4.16) dan (4.17) diperoleh model simulasi perhitungan harga opsi *call* sebagai berikut,



Gambar 4.5 *Payoff dan Harga Opsi Up and Out Put*

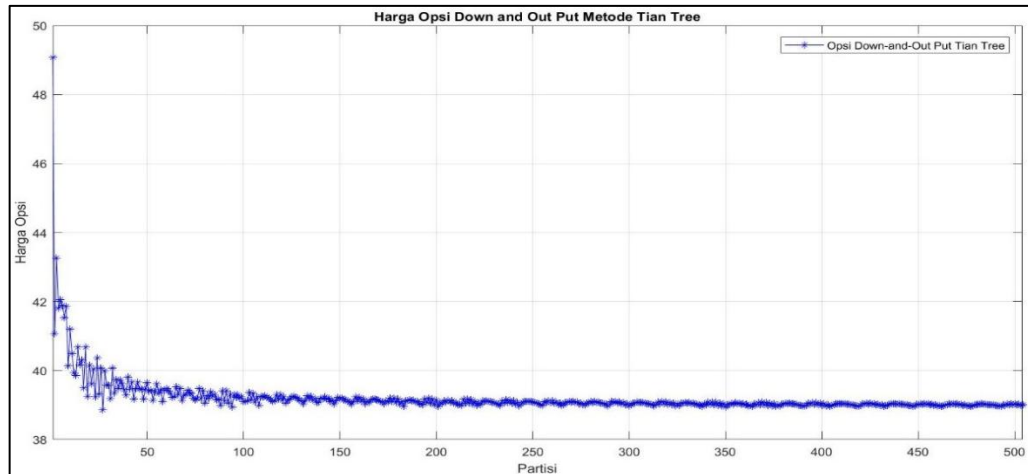
Pada gambar 4.5 ditunjukkan bahwa kolom yang berwarna merah menandakan *payoff* yang didapatkan dari nilai *strike price* dan harga saham pada saat waktu jatuh tempo. Sedangkan kolom biru menandakan harga opsi. Dapat dilihat pada gambar 4.3 bahwa terdapat harga saham yang menyentuh atau melewati nilai batas atas sehingga menyebabkan nilai *payoff* dan harga opsi bernilai 0 di jalur tersebut. Harga opsi *up and out call* dengan partisi ke-5 diperoleh \$39,67.

Selanjutnya, model pergerakan harga opsi *call* dan opsi *put* jenis *down and out* dan *up and out* menggunakan metode *Tian Tree* dilanjutkan sampai 504 partisi. Berikut merupakan pergerakan harga opsi *barrier call* dan *put* jenis *down and out*,



Gambar 4.6 Harga Opsi *Down and Out Call* sampai dengan 504 partisi

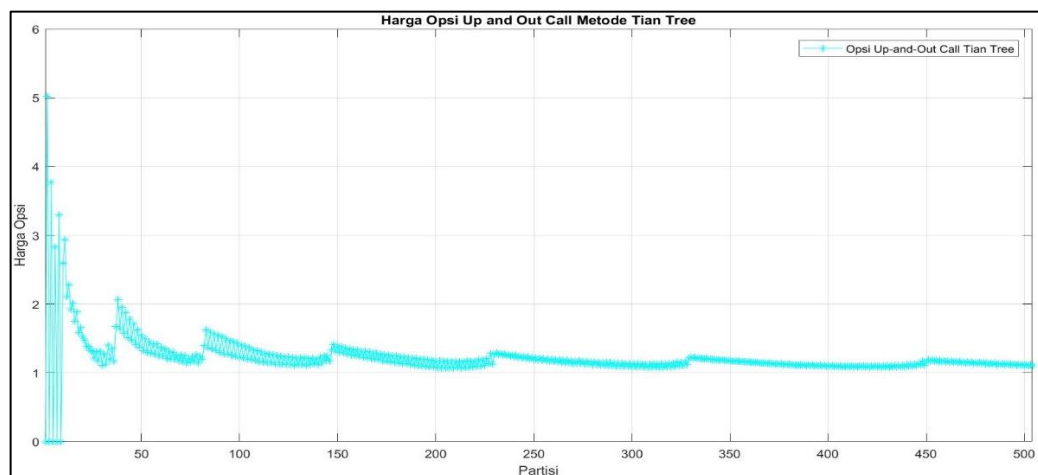
Pada gambar 4.6 dapat di lihat bahwa grafik menunjukkan harga opsi *barrier* jenis *down and out call* yang dihitung menggunakan metode *Tian Tree* sampai 504 partisi. Pada awalnya, harga opsi mengalami fluktuasi yang besar, tetapi seiring bertambahnya partisi, harga opsi semakin stabil dan berada di sekitar nilai \$37,8.



Gambar 4.7 Harga Opsi *Down and Out Put* sampai dengan 504 partisi

Pada gambar 4.7 dapat di lihat bahwa grafik menunjukkan harga opsi *barrier* jenis *down and out put* yang dihitung menggunakan metode *Tian Tree* sampai 504 partisi. Pada jumlah partisi kecil, harga opsi berfluktuasi cukup besar sebelum perlahan stabil seiring bertambahnya partisi. Harga opsi berada di sekitar \$39.

Selanjutnya adalah harga opsi *call* dan *put* jenis *up and out*, berikut merupakan pergerakan harga opsi *barrier call* dan *put* jenis *up and out*,

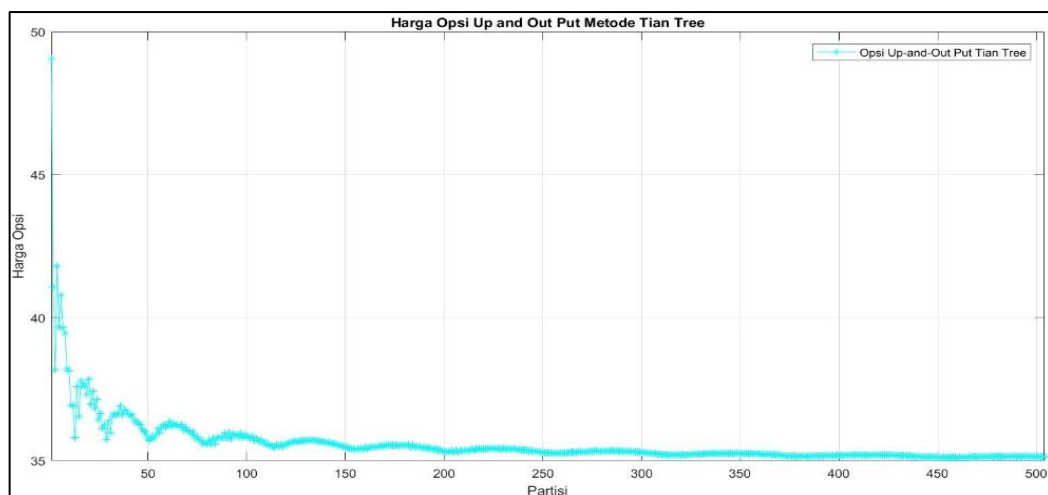


Gambar 4.8 Harga Opsi *Up and Out Call* sampai dengan 504 partisi

Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan harga opsi *barrier* jenis *up and out call* yang dihitung menggunakan metode *Tian Tree* samapi 504 partisi. Pada partisi kecil, harga opsi berfluktuasi besar dan semakin mengecil seiring

bertambahnya partisi. Tidak seperti grafik pada gambar 4.6 dan 4.7, grafik ini menunjukkan pola penurunan bertahap dengan beberapa lonjakan kecil yang berada di sekitar \$1. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Tian Tree* untuk opsi ini memerlukan jumlah partisi yang lebih besar agar mencapai kestabilan harga yang lebih baik.

Pada Gambar 4.8 juga dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan adanya pola *seasonal*, yaitu fluktuasi harga yang muncul secara periodik, meskipun secara keseluruhan harga opsi cenderung menurun dan mendekati nilai stabil. Pola ini terlihat dari lonjakan-lonjakan kecil yang muncul secara teratur seiring peningkatan jumlah partisi. Kemunculan pola *seasonal* ini berkaitan dengan perubahan struktur pohon binomial akibat penambahan partisi yang memengaruhi jalur pergerakan harga saham. Sensitivitas opsi *up and out call* terhadap apakah harga saham menyentuh *barrier* atau tidak menyebabkan perubahan kecil dalam struktur pohon yang dapat menimbulkan variasi harga opsi berulang secara periodik.



Gambar 4.9 Harga Opsi *Up and Out Put* sampai dengan 504 partisi

Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan harga opsi *barrier* jenis *up and out put* yang dihitung menggunakan metode *Tian Tree*. Pada saat jumlah partisi

masih sedikit, harga opsi mengalami fluktuasi yang cukup besar. Namun seiring dengan bertambahnya jumlah partisi, fluktuasi harga opsi mulai mengecil dan menuju kestabilan di sekitar \$35.

Dari hasil perhitungan opsi di atas, opsi *Down and Out Call* cocok bagi investor yang memperkirakan harga aset akan naik tetapi tidak akan turun hingga menyentuh batas bawah, karena jika harga turun dan menyentuh batas tersebut, opsi akan batal. Sebaliknya, opsi *Down and Out Put* lebih sesuai untuk investor yang mengantisipasi penurunan harga aset, tetapi tetap ingin mendapatkan keuntungan selama harga belum menyentuh batas bawah, karena jika batas bawah tercapai, opsi menjadi tidak berlaku. Untuk *Up and Out Call*, opsi ini lebih cocok jika investor memperkirakan kenaikan harga aset tetapi tidak sampai melewati batas atas, karena jika harga naik dan menyentuh batas tersebut, opsi akan batal. Sedangkan *Up and Out Put* lebih cocok bagi investor yang memperkirakan harga aset akan turun, namun jika harga naik hingga menyentuh batas atas, maka opsi tidak bernilai.

4.3 Keakuratan Metode Binomial Tian Tree

Keakuratan metode Binomial Tian Tree dapat dilakukan dengan membandingkan hasilnya terhadap hasil perhitungan opsi pada metode *Black-Scholes*. Perhitungan opsi pada metode *Black-Scholes* memerlukan parameter yang terdapat pada parameter metode Binomial Tian Tree di atas. Perhitungan pada metode *Black-Scholes* juga melibatkan fungsi distribusi normal kumulatif untuk menentukan probabilitas ekspektasi harga aset di masa mendatang. Metode *Black-Scholes* jenis *down and out call* dihitung menggunakan persamaan (2.59) dan *put* menggunakan persamaan (2.60) pada saat $B < K$. Sedangkan untuk jenis *up and*

out call dihitung menggunakan persamaan (2.63) dan *put* menggunakan persamaan (2.64) pada saat $B > K$.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan untuk harga opsi pada metode *Black-Scholes* dengan bantuan *software* MATLAB,

Tabel 4.1 Harga Opsi *Down and Out* dan *Up and Out* Metode *Black-Scholes*

<i>Down and Out</i>		<i>Up and Out</i>	
<i>Call</i>	<i>Put</i>	<i>Call</i>	<i>Put</i>
\$29,8555	\$50,6126	\$0,2644	\$43,3572

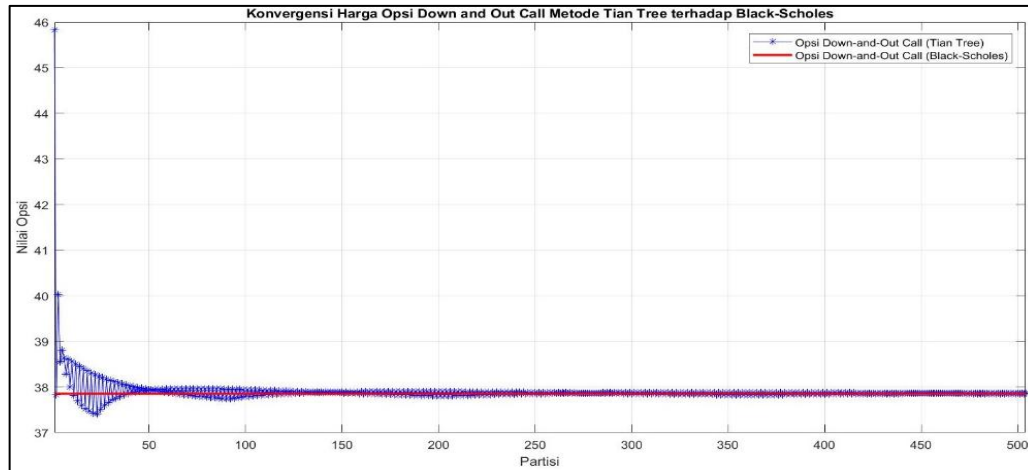
Selanjutnya adalah menghitung nilai *error* menggunakan galat relatif setiap partisi pada opsi jenis *down and out* metode Binomial Tian *Tree* terhadap nilai opsi metode *Black-Scholes*. Galat relatif dihitung menggunakan persamaan (2.68). sebagai contoh perhitungan manual, dihitung nilai *error* pada metode Tian *Tree* pada partisi ke-504 pada harga *down and out call*:

$$\varepsilon_R = \frac{|\$37,868826 - \$37,8536|}{\$37,8536} \approx 0,000402 \quad (4.18)$$

dan *down and out put*:

$$\varepsilon_R = \frac{|\$39,013307 - \$38,8591|}{\$38,8591} \approx 0,003970 \quad (4.19)$$

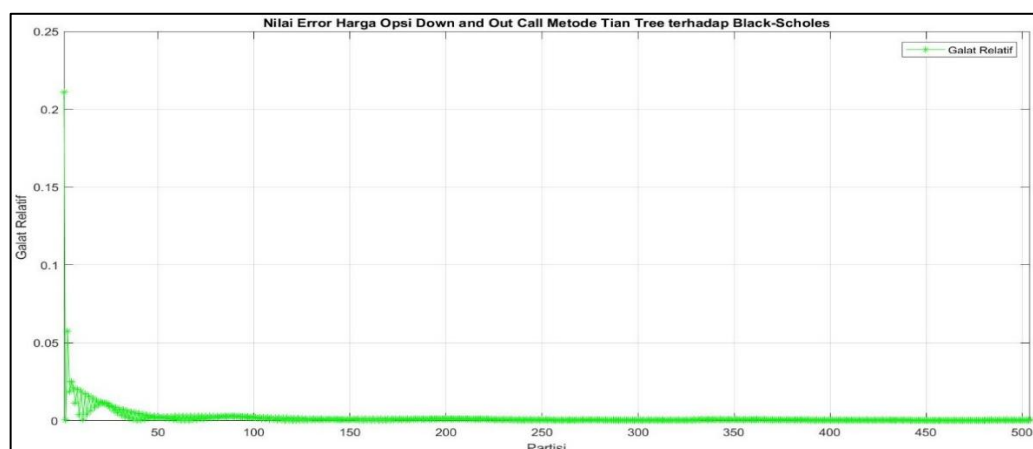
Keakuratan suatu metode dalam menentukan harga opsi dapat dilihat dari kekonvergenan pada grafik. Jika suatu grafik semakin mendekati nilai *Black-Scholes*, maka semakin konvergen pula metode tersebut yang artinya memiliki tingkat keakuratan yang tinggi. Berikut merupakan grafik harga opsi *call* jenis *down and out* metode Tian *Tree* yang dibandingkan dengan *Black-Scholes*:



Gambar 4.10 Konvergensi Harga Opsi *Down and Out Call* Tian Tree terhadap *Black-Scholes*

Pada Gambar 4.10, terlihat bahwa hasil simulasi dengan 504 partisi untuk harga opsi *down and out call* menggunakan metode *Tian Tree* menunjukkan pergerakan yang semakin mendekati hasil perhitungan metode *Black-Scholes* seiring dengan bertambahnya jumlah partisi. Sehingga dapat dikatakan bahwa harga opsi metode *Tian Tree* konvergen terhadap *Black-Scholes*.

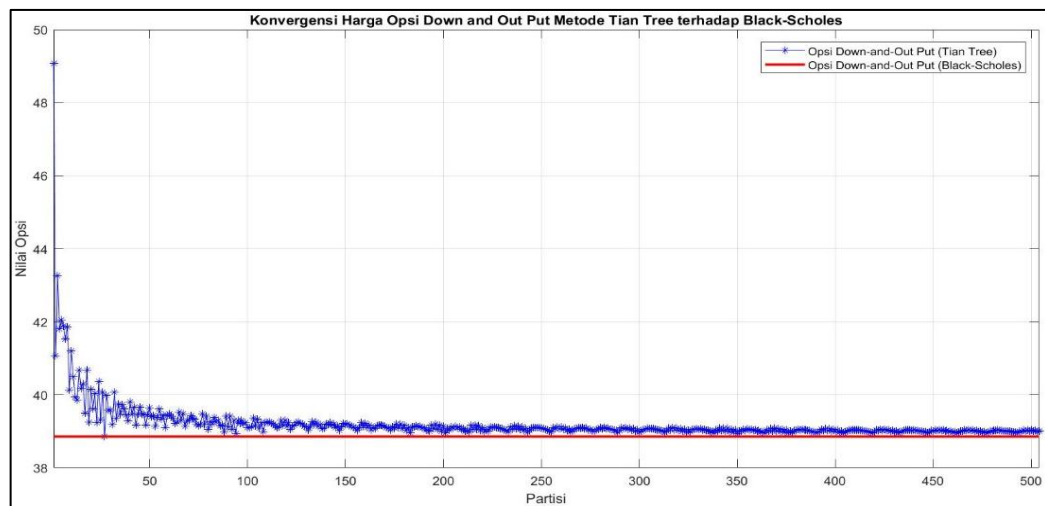
Terlihat pada Gambar 4.10 bahwa harga opsi *down and out call* yang dihitung menggunakan metode *Tian Tree* tidak selalu sama dengan metode *Black-Scholes*, sehingga terjadi perbedaan atau *error*. Berikut adalah grafik *error* harga opsi *down and out call* *Tian Tree* terhadap *Black-Scholes*,



Gambar 4.11 Konvergensi Nilai *Error* Harga Opsi *Down and Out Call* Tian Tree terhadap *Black-Scholes*

Berdasarkan gambar 4.11, dapat dilihat bahwa nilai *error* pada awalnya memiliki nilai yang cukup besar, namun seiring peningkatan jumlah partisi, nilai *error* mengalami penurunan dan semakin stabil. Hal ini menunjukkan bahwa grafik simulasi nilai *error* konvergen menuju nilai 0.

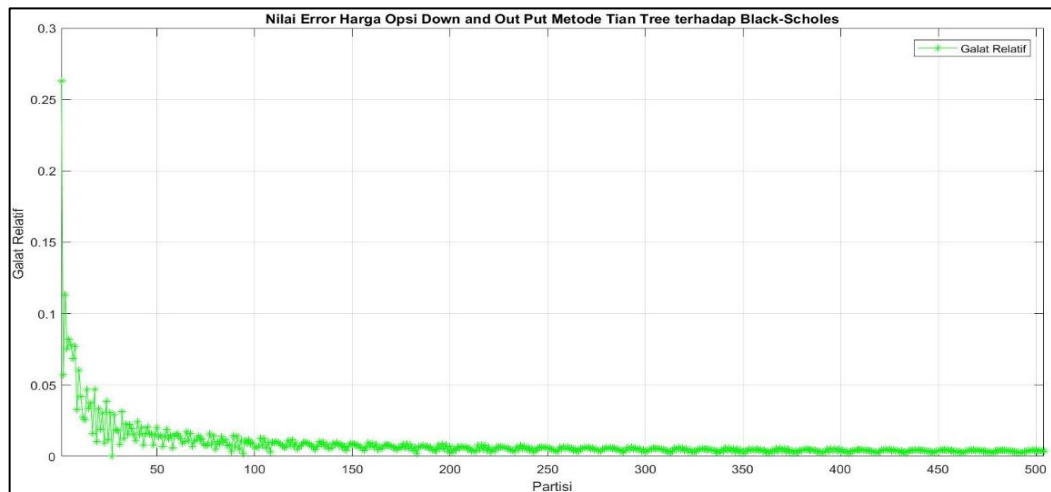
Kekonvergenan opsi *down and out put* dapat dilihat juga melalui grafik, sebagaimana halnya dengan opsi *down and out call*. Dengan menggunakan parameter yang telah dihitung dan ditetapkan sebelumnya, grafik harga opsi *down and out put* Tian Tree kemudian dibandingkan dengan harga opsi pada *Black-Scholes*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.12,



Gambar 4.12 Konvergensi Harga Opsi *Down and Out Put* Tian Tree terhadap *Black-Scholes*

Pada gambar 4.12, terlihat bahwa pada partisi awal harga opsi Tian Tree masih berfluktuasi besar dan memiliki selisih yang cukup signifikan terhadap metode *Black-Scholes*, tetapi seiring bertambahnya jumlah partisi, harga opsi Tian Tree semakin mendekati harga opsi *Black-Scholes*. Hal ini menunjukkan bahwa metode Tian Tree mengalami konvergensi terhadap metode *Black-Scholes* seiring dengan peningkatan jumlah partisi.

Sama seperti halnya harga opsi *down and out call*, harga opsi *down and out put* yang dihitung dengan metode *Tian Tree* berbeda dari *Black-Scholes*, sehingga terdapat selisih atau *error* di antara keduanya. Berikut adalah grafik *error* untuk nilai opsi *down and out put*,



Gambar 4.13 Konvergensi Nilai *Error* Harga Opsi *Down and Out Put* *Tian Tree* terhadap *Black-Scholes*

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa nilai *error* cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah partisi. Pada awalnya, *error* memiliki nilai yang cukup besar, namun secara bertahap mengalami penurunan dengan pola fluktuatif sebelum akhirnya mendekati nilai yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *error* dalam simulasi semakin konvergen menuju 0.

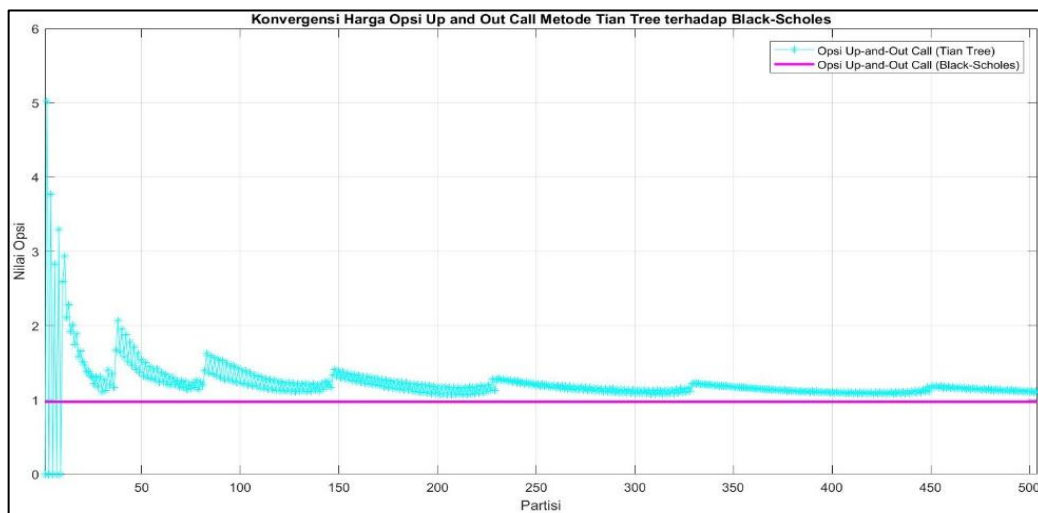
Selanjutnya adalah menghitung nilai *error* menggunakan galat relatif setiap partisi pada opsi jenis *up and out* metode Binomial *Tian Tree* terhadap nilai opsi metode *Black-Scholes*. Galat relatif dihitung menggunakan persamaan (2.68). sebagai contoh perhitungan manual, dihitung nilai galat pada metode *Tian Tree* pada partisi ke-504 pada harga opsi *up and out call*:

$$\varepsilon_R = \frac{|\$1,102877 - \$0,9739|}{\$0,9739} \approx 0,132488 \quad (4.20)$$

dan *up and out put*:

$$\varepsilon_R = \frac{|\$35,139476 - \$34,5846|}{\$34,5846} \approx 0,016045 \quad (4.21)$$

Sama seperti jenis *down and out*, Keakuratan suatu metode dalam menentukan harga opsi dapat dilihat dari kekonvergenan pada grafik. Jika suatu grafik semakin mendekati nilai *Black-Scholes*, maka semakin konvergen pula metode tersebut yang artinya memiliki tingkat keakuratan yang tinggi. Berikut merupakan grafik harga opsi *call* jenis *up and out* metode *Tian Tree* yang dibandingkan dengan *Black-Scholes*:

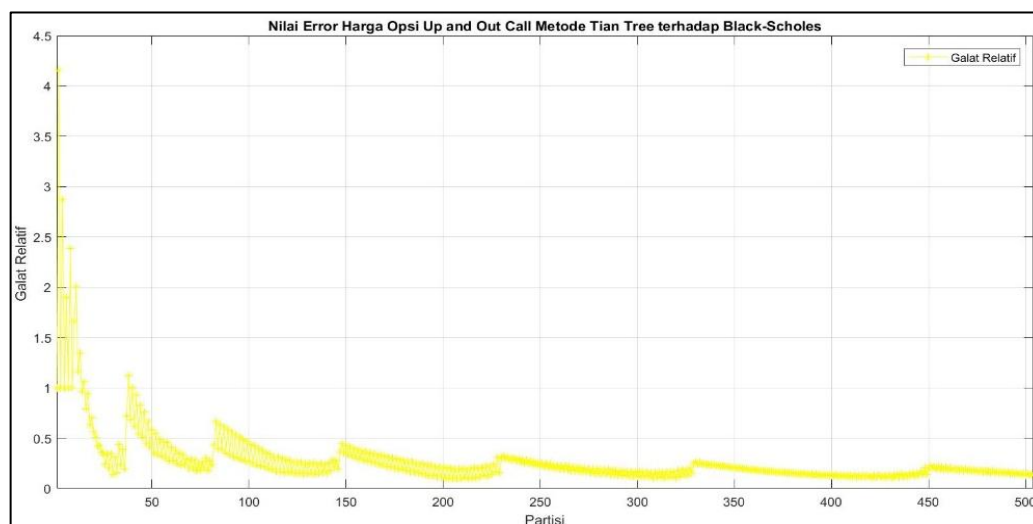


Gambar 4.14 Konvergensi Harga Opsi *Up and Out Call* Tian Tree terhadap *Black-Scholes*

Pada gambar 4.14 terlihat bahwa pada jumlah partisi yang kecil, hasil metode *Tian Tree* menunjukkan fluktuasi yang cukup tajam dan tidak stabil, membentuk pola berulang atau musiman (*seasonal*). Fenomena ini muncul akibat struktur pohon binomial yang sensitif terhadap jumlah partisi, sehingga beberapa nilai partisi menyebabkan node harga mendekati atau melewati *barrier* lebih sering dibandingkan yang lain. Namun, seiring bertambahnya jumlah partisi, fluktuasi

tersebut mulai berkurang dan hasil perhitungan *Tian Tree* semakin mendekati nilai yang dihasilkan oleh metode *Black-Scholes* yang menandakan terjadinya konvergensi. Penggunaan jumlah partisi yang cukup besar, cenderung memberikan hasil yang lebih stabil dan mendekati nilai eksak, sehingga efek *seasonal* dalam metode numerik dapat diminimalkan.

Sama seperti halnya harga opsi *down and out call*, harga opsi *up and out call* yang dihitung dengan metode *Tian Tree* berbeda dari *Black-Scholes*, sehingga terdapat selisih atau *error* di antara keduanya. Berikut adalah grafik galat untuk nilai opsi *up and out call*,

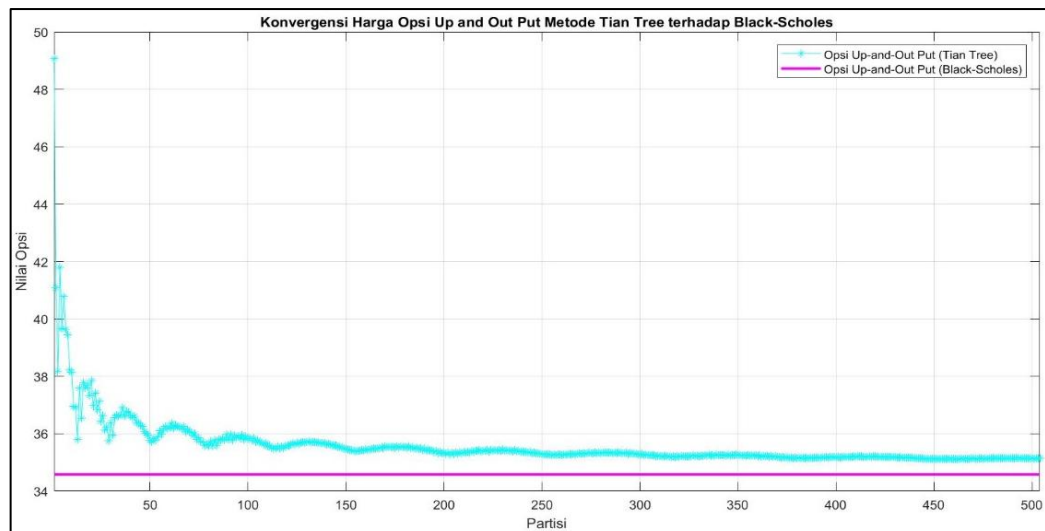


Gambar 4.15 Konvergensi Nilai *Error* Harga Opsi *Up and Out Call* *Tian Tree* terhadap *Black-Scholes*

Berdasarkan gambar 4.15, dapat dilihat bahwa *error* cenderung sangat tinggi pada jumlah partisi yang kecil, lalu menurun secara bertahap seiring bertambahnya partisi yang menunjukkan adanya tren penurunan *error* yang signifikan. Pola penurunan ini disertai dengan fluktuasi periodik atau *seasonal* yang cukup jelas mencerminkan bahwa struktur pohon dalam metode *Tian Tree* masih memberikan ketidakaturan numerik pada jumlah partisi tertentu. Namun, semakin besar

jumlah partisi yang digunakan, *error* menjadi semakin kecil dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa grafik simulasi nilai *error up and out call* secara keseluruhan semakin konvergen menuju nilai 0.

Kekonvergenan opsi *up and out put* juga dapat dilihat melalui grafik, berikut adalah grafik harga opsi *put* jenis *up and out* metode *Tian Tree* yang dibandingkan dengan *Black-Scholes*:

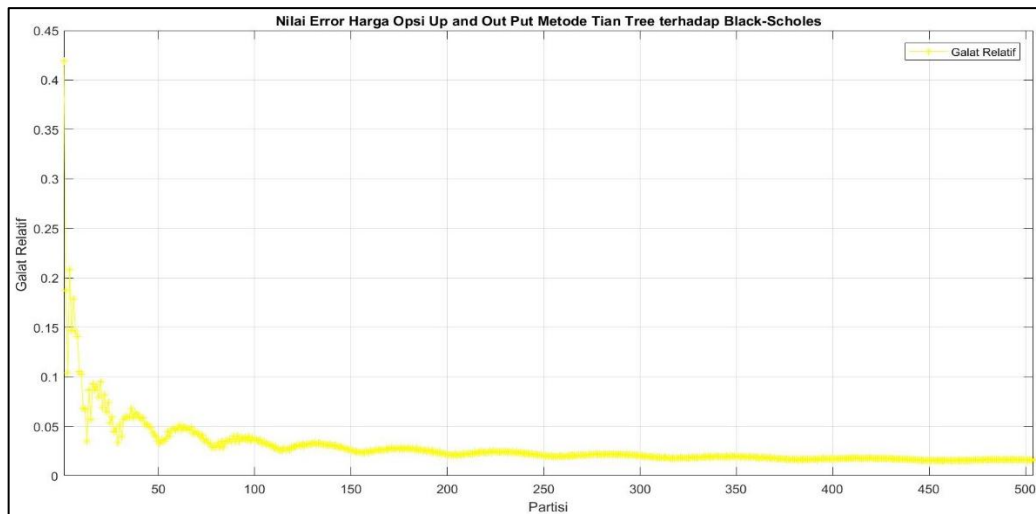


Gambar 4.16 Konvergensi Harga Opsi *Up and Out Put* Tian Tree terhadap *Black-Scholes*

Pada gambar 4.16, terlihat bahwa seiring bertambahnya jumlah partisi, harga opsi Tian Tree semakin mendekati harga opsi *Black-Scholes*. Pada awal partisi, harga opsi Tian Tree menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan, namun dengan bertambahnya partisi, fluktuasi ini semakin berkurang dan harga opsi mulai stabil mendekati harga opsi yang dihitung menggunakan metode *Black-Scholes*. Hal ini menunjukkan bahwa metode Tian Tree mengalami konvergensi terhadap metode *Black-Scholes* dengan jumlah partisi yang lebih besar.

Sama seperti harga opsi sebelumnya, harga opsi *up and out put* yang dihitung dengan metode Tian Tree juga berbeda dari metode *Black-Scholes*, sehingga

terdapat selisih (*error*) di antara keduanya. Berikut adalah grafik galat untuk harga opsi *up and out put*,



Gambar 4.17 Konvergensi Nilai *Error* Harga Opsi *Up and Out Put* Tian Tree terhadap *Black-Scholes*

Berdasarkan gambar 4.17, terlihat bahwa nilai *error* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah partisi. Pada awalnya, nilai *error* cukup besar, tetapi seiring dengan peningkatan jumlah partisi, nilai *error* berkurang secara bertahap. Grafik menunjukkan adanya fluktuasi di awal sebelum akhirnya semakin stabil mendekati nilai yang semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *error* semakin konvergen dan cenderung mendekati 0.

Setelah digambarkan grafik kekonvergenan harga opsi Tian Tree terhadap *Black-Scholes* serta konvergensi nilai *error*, hasil perhitungan harga opsi jenis *down and out* dan nilai *error* terdapat dalam lampiran. harga opsi *down and out call* dan nilai *error* terlampir pada lampiran 3, sedangkan harga opsi *down and out put* dan nilai *error* terlampir pada lampiran 4. Hasil perhitungan dan keakuratan metode Tian Tree dalam perhitungan harga opsi *barrier* jenis *down and out* memiliki tingkat akurasi yang bervariasi di beberapa titik jumlah partisi, namun secara umum

menunjukkan kecenderungan semakin stabil dan konvergen seiring bertambahnya jumlah partisi (M), baik opsi *call* maupun opsi *put*. Perbedaan harga antara metode Tian Tree dan Black-Scholes cenderung mengecil seiring peningkatan partisi yang menandakan bahwa metode Tian Tree mampu memberikan estimasi harga opsi yang semakin stabil.

Selanjutnya hasil perhitungan harga opsi jenis *up and out* dan *error* terdapat dalam lampiran. harga opsi *up and out call* dan nilai *error* terlampir pada lampiran 5, sedangkan harga opsi *up and out put* dan nilai *error* terlampir pada lampiran 6. Hasil perhitungan dan keakuratan metode Tian Tree dalam perhitungan harga opsi *barrier* jenis *up and out* menunjukkan bahwa perbedaan harga dengan metode Black-Scholes cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah partisi. Pada opsi *call*, perbedaan harga di awal cukup besar yang mengindikasikan bahwa estimasi belum stabil saat jumlah partisi masih rendah. Namun, seiring peningkatan partisi, nilai galat semakin mengecil dan hasilnya mulai konvergen. Sedangkan pada opsi *put*, perbedaan harga tidak sebesar pada opsi *call* sehingga menunjukkan penurunan yang lebih stabil.

Berdasarkan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menggunakan persamaan (2.70), terlihat bahwa metode Tian Tree menghasilkan nilai *error* yang berbeda pada setiap jenis opsi. Berikut adalah tabel hasil perhitungan MAPE,

Tabel 4.2 Nilai MAPE Harga Opsi

<i>Down and Out</i>		<i>Up and Out</i>	
<i>Call</i>	0,1955%	<i>Call</i>	27,4344%
<i>Put</i>	0,8800%	<i>Put</i>	2,8964%

Pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa untuk opsi *down and out*, MAPE opsi *call* adalah 0,1955%. Sedangkan opsi *put* sebesar 0,8800%. Nilai ini menunjukkan bahwa metode *Tian Tree* sangat akurat digunakan dalam perhitungan harga opsi *barrier*, terutama untuk opsi *call* yang memiliki nilai *error* relatif kecil. Sementara itu, pada opsi *up and out*, nilai MAPE pada opsi *call* 27,4344% yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara metode *Tian Tree* dan *Black-Scholes*. Sedangkan untuk opsi *put* menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil yaitu 2,8964% yang menunjukkan bahwa metode *Tian Tree* sangat akurat digunakan dalam perhitungan harga opsi *put* dibandingkan dengan opsi *call* yang memiliki nilai keakuratan cukup baik pada jenis opsi ini. Secara keseluruhan, metode *Tian Tree* lebih akurat dalam menghitung harga opsi *down and out* dibandingkan dengan *up and out*, terutama pada opsi *call* yang memiliki nilai *error* yang lebih besar.

Opsi *call* dan *put* merupakan instrumen keuangan derivatif yang digunakan investor untuk mengelola risiko dan meraih keuntungan berdasarkan ekspektasi pergerakan harga aset dasar, seperti saham. Opsi *call* memberikan hak kepada pemegangnya untuk membeli aset pada harga tertentu (*strike price*) dalam jangka waktu tertentu, sehingga menguntungkan jika harga aset naik. Sebaliknya, opsi *put* memberikan hak untuk menjual aset pada harga tertentu, yang menguntungkan jika harga aset turun. Dalam praktiknya, opsi sering digunakan sebagai strategi lindung nilai (*hedging*) maupun spekulatif, tergantung pada kondisi pasar dan tujuan investor.

Fungsi opsi dalam pasar saham sangat penting karena memungkinkan fleksibilitas dalam pengambilan posisi terhadap arah pasar. Misalnya, jika investor memperkirakan harga saham akan naik, mereka dapat membeli opsi *call* untuk

memperoleh keuntungan dari kenaikan tersebut tanpa harus membeli saham secara langsung. Sebaliknya, opsi *put* dibeli ketika investor memperkirakan harga saham akan turun, sehingga mereka dapat menjual pada harga tinggi meskipun harga pasar menurun. Terkait harga opsi yang diperoleh, pada opsi jenis *down and out*, harga opsi *call* sebesar \$37,868826 dan harga opsi *put* sebesar \$39,013307 mencerminkan ekspektasi bahwa kemungkinan menyentuh *barrier* ke bawah (yang menyebabkan opsi tidak aktif) relatif kecil, sehingga nilai opsi tetap tinggi. Sebaliknya, pada opsi jenis *up and out*, harga *call* hanya sebesar \$1,102877 sangat rendah dibandingkan *put* sebesar \$35,139476, karena kemungkinan harga saham menyentuh *barrier* ke atas cukup besar sehingga opsi menjadi tidak aktif.

Harga opsi *up and out call* yang sangat rendah disebabkan oleh karakteristik opsi *barrier* itu sendiri. Dalam jenis *up and out*, jika harga aset menyentuh *barrier* atas sebelum jatuh tempo, maka opsi *call* tersebut gugur atau tidak berlaku lagi. Dengan demikian, meskipun *call* pada umumnya bernilai tinggi dalam kondisi pasar naik, nilai dari *up and out call* justru menjadi rendah apabila *barrier* terlalu dekat dengan harga pasar saat ini atau volatilitas tinggi. Oleh karena itu, struktur opsi dan faktor-faktor seperti posisi *barrier* dan volatilitas menjadi sangat penting dalam mengevaluasi harga opsi dan efektivitas metode perhitungan seperti *Tian Tree*.

Keakuratan nilai opsi *call dan put* jenis *up and out* membutuhkan partisi yang lebih banyak dibandingkan dengan *call dan put* jenis *down and out*. Namun, tingkat keakuratan kedua jenis opsi tersebut juga dipengaruhi oleh faktor yang lain, seperti *strike price*, nilai *barrier*, dan lain sebagainya. Dengan demikian, berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa metode *Tian Tree* sangat efektif

digunakan untuk jenis *down and out*, baik untuk opsi *call* maupun opsi *put*. Sedangkan untuk jenis *up and out*, metode *Tian Tree* efektif digunakan untuk opsi *put* dan kurang efektif digunakan untuk opsi *call*.

4.4 *Hisab* dalam Islam dan Implementasinya dalam Perhitungan Harga Opsi *Barrier*

Hisab dalam Islam merujuk pada perhitungan yang mencerminkan keteraturan dan kepastian dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam penelitian ini, perhitungan harga opsi *barrier* menggunakan metode Binomial *Tian Tree* menunjukkan bagaimana manusia berusaha memprediksi nilai suatu instrumen keuangan berdasarkan model matematika. Dalam Islam, konsep perhitungan (*hisab*) telah dijelaskan dalam QS. Al-Isra ayat 12, yang menyebutkan bahwa pergantian siang dan malam adalah tanda kebesaran Allah agar manusia dapat melakukan berbagai perhitungan, termasuk dalam aspek kehidupan duniawi seperti keuangan dan investasi. Ayat ini menegaskan bahwa perhitungan merupakan bagian dari *sunnatullah* (hukum Allah) dalam penciptaan alam semesta, di mana manusia diberi kemampuan untuk menghitung dan menganalisis fenomena yang terjadi di dunia. Dalam konteks opsi *barrier*, metode Binomial *Tian Tree* menjadi salah satu upaya manusia untuk memahami pola pergerakan harga di pasar keuangan, sebagaimana manusia memahami waktu melalui perhitungan kalender yang didasarkan pada pergantian siang dan malam.

Selain itu, pasar modal juga berfungsi untuk mencari karunia Allah, sebagaimana disebut dalam QS. Al-Isra ayat 12: “*agar kamu mencari karunia dari Tuhanmu*”. Dengan memahami dan menerapkan metode perhitungan opsi secara

baik, pelaku pasar dapat membuat keputusan yang lebih bijak dalam berinvestasi sesuai dengan prinsip yang tidak bertentangan dengan syariat Islam. Namun, meskipun metode Binomial *Tian Tree* digunakan untuk menghitung harga opsi, keakuratan model ini tetap perlu diuji dengan membandingkannya dengan metode *Black-Scholes* guna mengetahui sejauh mana model tersebut dapat menghasilkan estimasi yang mendekati nilai sebenarnya.

Meskipun metode matematika semakin berkembang, hasil perhitungan manusia tetaplah sebatas perkiraan (*hasib*) dan tidak dapat mencapai keakuratan mutlak. Hal ini sesuai dengan konsep dalam QS. Al-Anfal ayat 7, yang menjelaskan bahwa manusia memiliki keterbatasan dalam memperkirakan hasil, sedangkan Allah memiliki pengetahuan mutlak atas segala sesuatu. Dalam ayat tersebut, manusia sering kali menginginkan hasil tertentu berdasarkan analisis dan perhitungannya, tetapi keputusan akhir tetap berada dalam kehendak Allah. Dalam konteks perhitungan opsi, model matematika seperti Binomial *Tian Tree* dan *Black-Scholes* hanyalah alat bantu untuk memperkirakan nilai, tetapi tidak dapat memberikan kepastian mutlak. Oleh karena itu, meskipun metode perhitungan semakin canggih, manusia harus menyadari bahwa segala sesuatu yang terjadi di dunia keuangan tetap dalam kendali Allah.

Keakuratan dalam perhitungan opsi sering kali dinilai berdasarkan nilai eksak. Namun, dalam Islam, konsep keakuratan mutlak hanya dimiliki oleh Allah, sedangkan manusia hanya bisa berusaha mendekati kebenaran dengan alat dan ilmu yang terbatas. Hal ini ditegaskan dalam QS. Al-Jin ayat 26-27 yang memiliki arti:

“(Dia adalah Tuhan) yang mengetahui yang gaib, maka dia tidak memperlihatkan kepada seorang pun tentang yang gaib itu, kecuali kepada rasul yang diridhai-nya...”

Ayat tersebut menyatakan bahwa hanya Allah yang mengetahui segala hal yang gaib, termasuk pergerakan harga di masa depan. Oleh karena itu, dalam penerapan metode perhitungan, manusia hanya dapat berusaha membuat estimasi yang mendekati kebenaran, tetapi tidak akan pernah mencapai keakuratan mutlak seperti yang dimiliki oleh Allah. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membahas penerapan metode matematika dalam perhitungan harga opsi *barrier*, tetapi juga menegaskan bahwa manusia memiliki keterbatasan dalam memprediksi masa depan. Hal ini mengajarkan pentingnya bertawakal kepada Allah setelah melakukan analisis terbaik, karena meskipun model matematika dapat membantu dalam pengambilan keputusan, hasil akhirnya tetap dalam ketentuan Allah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, diperoleh Kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Hasil perhitungan harga opsi *barrier* menggunakan metode Binomial Tian *Tree* menunjukkan bahwa semakin meningkatnya partisi, harga opsi semakin stabil. Pada harga opsi jenis *down and out* diperoleh harga opsi *call* sebesar \$37,868826 dan harga opsi *put* sebesar \$39,013307. Sedangkan pada harga opsi jenis *up and out*, diperoleh harga opsi *call* sebesar \$1,102877 dan harga opsi *put* sebesar \$35,139476.
2. Keakuratan metode Binomial Tian *Tree* dalam perhitungan harga opsi *barrier* meningkat seiring bertambahnya jumlah partisi, meskipun terdapat fluktuasi pada beberapa titik. Secara keseluruhan metode Tian *Tree* menunjukkan kecenderungan konvergen menuju nilai yang dihitung dengan metode *Black-Scholes* saat jumlah partisi diperbesar. Hal ini menunjukkan bahwa metode Binomial Tian *Tree* dapat memberikan hasil yang akurat dengan tingkat konvergensi yang baik. Oleh karena itu, metode Binomial Tian *Tree* bisa menjadi salah satu pilihan yang efektif dalam menghitung harga opsi *barrier*.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan metode Binomial Tian *Tree* untuk menghitung harga opsi *barrier* tipe Amerika atau opsi jenis lain terutama pada opsi yang tidak ada nilai eksaknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. M. (2020). *Manajemen Investasi dan Portofolio* (Melati, Ed.). Lembaga Penerbitan Universitas Nasional.
- Agustina, F. (2009). Kekonvergenan Model Binomial dalam Penentuan Harga Opsi Eropa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 1–18.
- Alfinnikmah, A. (2020). *Metode Tian Tree Dalam Penentuan Nilai Opsi Vanilla Tipe Eropa*. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Al-Wahidi, A. al-H. A. I. A. (1994). *Asbab al-Nuzul*. Beirut: Dar al Fikri.
- Antonio, M. S. (2001). *Bank Islam: Analisis Fiqih dan Keuangan*. Gema Insani.
- Aziz, A. (2009). Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model black-Scholes. *Cauchy: Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi*, 1, 15–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.18860/ca.v1i1.1702>.
- Az-Zuhaili, W. (2010). *Fiqh Islam wa Adillathuhu* (3rd ed.). Gema Insani Press.
- Bratha, I. G. R. A., Dharmawan, K., & Suciptawati, N. L. P. (2017). Penentuan Harga Kontrak Opsi Komoditas Emas Menggunakan Metode Pohon Binomial. *E-Jurnal Matematika*, 6(2), 99–105. <http://finance.yahoo.com>.
- Cahyaningrum, R. N., Prabowo, A., & Sihwaningrum, I. (2022). Penentuan Nilai Opsi Barrier dengan Metode Binomial dan Aplikasinya pada Harga Penutupan Saham Harian Netflix, inc. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Terapannya*, 3, 221–236.
- Desiyanti, R. (2012). *Teori Investasi dan Portofolio*. Bung Hatta University Press.
- Figlewski, Stephen., Silber, W. L., & Subrahmanyam, M. G. (1990). *Financial options: from theory to practice*. 580.
- Fitroh, D. L., & Artiono, R. (2023). Model Matematika Penilaian Opsi Saham Karyawan Menggunakan Metode Pohon Binomial. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 360–367.
- Herlianto, D. (2013). *Manajemen Investasi Plus Jurus mendeteksi Investasi Bodong* (pertama). Gosyen Publishing.
- Higham, D. J. (2004). *An Introduction to Financial Option Valuation* (Vol. 11, Issue 1). Cambridge University Press.
- Hull, J. C. (2003). *Options, Futures, And Other Derivatives* (5th ed.). Prentice Hall.
- Hull, J. C. (2012). *Options, Futures, and Other Derivatives* (8th ed.). Pearson Education Inc.
- Irawan, W. O., Rosha, M., & Permana, D. (2017). Penentuan Harga Opsi dengan Model Black-Scholes Menggunakan Metode Beda Hingga Center Time Center Space (CTCS). 18(2). <http://eksakta.ppj.unp.ac.id>.

- Kementerian Agama RI. (2010). *Tafsir Maudhu'i: Dimensi Keadilan dalam Al-Qur'an*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kementerian Agama, RI. (2017). *Al-Qur'an dan Terjemah dilengkapi Panduan Waqaf & Ibtida'*. PT. Suara Agung.
- Khaerunnisa, N. (2017). *Penentuan Harga Opsi Barrier Call dengan Menggunakan Model Black-Scholes (Studi Kasus: PT. Tri Bayan Tirta Tbk)*. Uin Alauddin.
- Khoiri, H. A. (2023). *Analisis Deret Waktu* (C. P. Hendrastati, Ed.; pertama). UNIPMA Press.
- Laamena, N. S. (2021). Penentuan Harga Saham (Opsi Eropa dan Opsi Barrier) dengan Metode Black-Scholes dan Metode Monte Carlo. *Jurnal Satya Informatika*, 6(2), 31–39.
- Maharini, S., & Suprpto, E. (2018). *Analisis Numerik* (pertama). CV. Media Grafika. www.aemediagrafika.com.
- Mappadang, A. (2021). *Manajemen Investasi & Portofolio* (pertama). CV. Pena Persada.
- Mujahid, S., & Rusmana, D. (2022). Studi Tafsir Maudhu'i tentang Konsep Hisab dalam Al-Qur'an. *Gunung Djati Conference Series*, 8.
- Rahman, A. F. (2015). Implementasi Kontrak Opsi dalam Sistem Keuangan Syariah. *Jurnal Ekonomi Islam*, 8(2).
- Rahman, A. (2010). *Model Black-Scholes Put Call Parity Nilai Opsi Tipe Eropa dengan Pembagian Dividen*. Universitas Semarang.
- Ramadhon, R., Widyrati, P., & Setiawati, I. (2022). Analisis Perbedaan Volatilitas IHSG Saat Pandemi dan Sebelum Pandemi Covid-19. *Jurnal STIE Semarang*, 14(1), 183–189.
- Saleh, A. M. (2019). *Penentuan Harga Opsi Barrier Dengan Menggunakan Metode Binomial Fleksibel*. UIN Alauddin.
- Seydel, R. U. (2009). *Tools for Computational Finance* (Fourth). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92929-1>.
- Sudarmadji. (2022). *Buku Ajar Analisis Investasi* (L. M. Samryn, Ed.; Edisi Pertama). Tanri Abeng University Press. www.tau.ac.id.
- Suratna, Widjanarko, H., & Wibawa, T. (2020). *Investasi Saham* (H. S. Utomo, Ed.; 1st ed.). lppm upn "Veteran" Yogyakarta.
- Tian, Y. (1993). *Modified Lattice Approach*. 13(5), 563–577.
- Usmani, M. T. (2002). *Islamic Finance*. Idaratul Ma'arif.
- Wibiyanto, R., Umbara, R. F., & Palupi, I. (2016). *Penentuan Harga Opsi Barrier dengan Metode Averaging Binomial*. 3(1), 1276.

Widianugraha, M. S., Maruddani, D. A. I., Safitri, D., & Safitri, D. (2015). Valuasi Compound Option Put on Call Tipe Eropa pada Data Saham Facebook. *Jurnal Gaussian*, 4(2), 355–364. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Harga Saham Penutupan Microsoft Corporation.

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
1	11/01/2022	234,60	228,17	37	12/22/2022	241,25	238,19
2	11/02/2022	229,46	220,10	38	12/23/2022	236,11	238,73
3	11/03/2022	220,09	214,25	39	12/27/2022	238,70	236,96
4	11/04/2022	217,55	221,39	40	12/28/2022	236,89	234,53
5	11/07/2022	221,99	227,87	41	12/29/2022	235,65	241,01
6	11/08/2022	228,70	228,87	42	12/30/2022	238,21	239,82
7	11/09/2022	227,37	224,51	43	01/03/2023	243,08	239,58
8	11/10/2022	235,43	242,98	44	01/04/2023	241,26	229,1
9	11/11/2022	242,99	247,11	45	01/05/2023	236,12	222,31
10	11/14/2022	241,99	241,55	46	01/06/2023	238,71	224,93
11	11/15/2022	245,66	241,97	47	01/09/2023	236,90	227,12
12	11/16/2022	242,79	241,73	48	01/10/2023	235,66	228,85
13	11/17/2022	237,78	241,68	49	01/11/2023	238,22	235,77
14	11/18/2022	243,51	241,22	50	01/12/2023	243,09	238,51
15	11/21/2022	241,43	242,05	51	01/13/2023	241,27	239,23
16	11/22/2022	243,59	245,03	52	01/17/2023	236,13	240,35
17	11/23/2022	245,10	247,58	53	01/18/2023	238,72	235,81
18	11/25/2022	247,31	247,49	54	01/19/2023	236,91	231,93
19	11/28/2022	246,08	241,76	55	01/20/2023	235,67	240,22
20	11/29/2022	241,40	240,33	56	01/23/2023	238,23	242,58
21	11/30/2022	240,57	255,14	57	01/24/2023	243,10	242,04
22	12/01/2022	253,87	254,69	58	01/25/2023	241,28	240,61
23	12/02/2022	249,82	255,02	59	01/26/2023	236,14	248
24	12/05/2022	252,01	250,2	60	01/27/2023	238,73	248,16
25	12/06/2022	250,82	245,12	61	01/30/2023	236,92	242,71
26	12/07/2022	244,83	244,37	62	01/31/2023	235,68	247,81
27	12/08/2022	244,84	247,4	63	02/01/2023	238,24	252,75
28	12/09/2022	244,69	245,42	64	02/02/2023	243,11	264,6
29	12/12/2022	247,44	252,51	65	02/03/2023	241,29	258,35
30	12/13/2022	261,69	256,92	66	02/06/2023	236,15	256,77
31	12/14/2022	257,13	257,22	67	02/07/2023	238,74	267,56
32	12/15/2022	253,72	249,01	68	02/08/2023	236,93	266,73
33	12/16/2022	248,55	244,69	69	02/09/2023	235,69	263,62
34	12/19/2022	244,86	240,45	70	02/10/2023	238,25	263,1
35	12/20/2022	239,40	241,8	71	02/13/2023	243,12	271,32
36	12/21/2022	241,69	244,43	72	02/14/2023	241,30	272,17

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
73	02/15/2023	268,32	269,32	113	04/14/2023	287,00	286,14
74	02/16/2023	264,02	262,15	114	04/17/2023	289,93	288,8
75	02/17/2023	259,39	258,06	115	04/18/2023	291,57	288,37
76	02/21/2023	254,48	252,67	116	04/19/2023	285,99	288,45
77	02/22/2023	254,09	251,51	117	04/20/2023	285,25	286,11
78	02/23/2023	255,56	254,77	118	04/21/2023	285,01	285,76
79	02/24/2023	249,96	249,22	119	04/24/2023	282,09	281,77
80	02/27/2023	252,46	250,16	120	04/25/2023	279,51	275,42
81	02/28/2023	249,07	249,42	121	04/26/2023	296,70	295,37
82	03/01/2023	250,76	246,27	122	04/27/2023	295,97	304,83
83	03/02/2023	246,55	251,11	123	04/28/2023	304,01	307,26
84	03/03/2023	252,19	255,29	124	05/01/2023	306,97	305,56
85	03/06/2023	256,43	256,87	125	05/02/2023	307,76	305,41
86	03/07/2023	256,30	254,15	126	05/03/2023	306,62	304,4
87	03/08/2023	254,04	253,7	127	05/04/2023	306,24	305,41
88	03/09/2023	255,82	252,32	128	05/05/2023	305,72	310,65
89	03/10/2023	251,08	248,59	129	05/08/2023	310,13	308,65
90	03/13/2023	247,40	253,92	130	05/09/2023	308,00	307
91	03/14/2023	256,75	260,79	131	05/10/2023	308,62	312,31
92	03/15/2023	259,98	265,44	132	05/11/2023	310,10	310,11
93	03/16/2023	265,20	276,2	133	05/12/2023	310,55	308,97
94	03/17/2023	278,26	279,43	134	05/15/2023	309,10	309,46
95	03/20/2023	276,98	272,23	135	05/16/2023	309,83	311,74
96	03/21/2023	274,88	273,78	136	05/17/2023	312,29	314
97	03/22/2023	273,40	272,29	137	05/18/2023	314,53	318,52
98	03/23/2023	277,94	277,66	138	05/19/2023	316,74	318,34
99	03/24/2023	277,24	280,57	139	05/22/2023	318,60	321,18
100	03/27/2023	280,50	276,38	140	05/23/2023	320,03	315,26
101	03/28/2023	275,79	275,23	141	05/24/2023	314,73	313,85
102	03/29/2023	278,96	280,51	142	05/25/2023	323,24	325,92
103	03/30/2023	284,23	284,05	143	05/26/2023	324,02	332,89
104	03/31/2023	283,73	288,3	144	05/30/2023	335,23	331,21
105	04/03/2023	286,52	287,23	145	05/31/2023	332,29	328,39
106	04/04/2023	287,23	287,18	146	06/01/2023	325,93	332,58
107	04/05/2023	285,85	284,34	147	06/02/2023	334,25	335,4
108	04/06/2023	283,21	291,6	148	06/05/2023	335,22	335,94
109	04/10/2023	289,21	289,39	149	06/06/2023	335,33	333,68
110	04/11/2023	285,75	282,83	150	06/07/2023	331,65	323,38
111	04/12/2023	284,79	283,49	151	06/08/2023	323,94	325,26
112	04/13/2023	283,59	289,84	152	06/09/2023	324,99	326,79

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
153	06/12/2023	328,58	331,85	193	08/09/2023	326,47	322,23
154	06/13/2023	334,46	334,29	194	08/10/2023	326,01	322,93
155	06/14/2023	334,34	337,34	195	08/11/2023	320,26	321,01
156	06/15/2023	337,48	348,1	196	08/14/2023	321,39	324,04
157	06/16/2023	351,32	342,33	197	08/15/2023	323,00	321,86
158	06/20/2023	339,31	338,05	198	08/16/2023	320,80	320,4
159	06/21/2023	336,37	333,56	199	08/17/2023	320,54	316,88
160	06/22/2023	334,12	339,71	200	08/18/2023	314,49	316,48
161	06/23/2023	334,36	335,02	201	08/21/2023	317,93	321,88
162	06/26/2023	333,72	328,6	202	08/22/2023	325,50	322,46
163	06/27/2023	331,86	334,57	203	08/23/2023	323,82	327
164	06/28/2023	334,66	335,85	204	08/24/2023	332,85	319,97
165	06/29/2023	334,71	335,05	205	08/25/2023	321,47	322,98
166	06/30/2023	337,75	340,54	206	08/28/2023	325,66	323,7
167	07/03/2023	339,19	337,99	207	08/29/2023	321,88	328,41
168	07/05/2023	335,09	338,15	208	08/30/2023	328,67	328,79
169	07/06/2023	337,30	341,27	209	08/31/2023	329,20	327,76
170	07/07/2023	339,32	337,22	210	09/01/2023	331,31	328,66
171	07/10/2023	334,60	331,83	211	09/05/2023	329,00	333,55
172	07/11/2023	331,06	332,47	212	09/06/2023	333,38	332,88
173	07/12/2023	336,60	337,2	213	09/07/2023	331,29	329,91
174	07/13/2023	339,56	342,66	214	09/08/2023	330,09	334,27
175	07/14/2023	347,59	345,24	215	09/11/2023	337,24	337,94
176	07/17/2023	345,68	345,73	216	09/12/2023	335,81	331,77
177	07/18/2023	345,83	359,49	217	09/13/2023	331,31	336,06
178	07/19/2023	361,75	355,08	218	09/14/2023	339,15	338,7
179	07/20/2023	353,57	346,87	219	09/15/2023	336,92	330,22
180	07/21/2023	349,15	343,77	220	09/18/2023	327,80	329,06
181	07/24/2023	345,85	345,11	221	09/19/2023	326,17	328,65
182	07/25/2023	347,11	350,98	222	09/20/2023	329,51	320,77
183	07/26/2023	341,44	337,77	223	09/21/2023	319,26	319,53
184	07/27/2023	340,48	330,72	224	09/22/2023	321,32	317,01
185	07/28/2023	333,67	338,37	225	09/25/2023	316,59	317,54
186	07/31/2023	336,92	335,92	226	09/26/2023	315,13	312,14
187	08/01/2023	335,19	336,34	227	09/27/2023	312,30	312,79
188	08/02/2023	333,63	327,5	228	09/28/2023	310,99	313,64
189	08/03/2023	326,00	326,66	229	09/29/2023	317,75	315,75
190	08/04/2023	331,88	327,78	230	10/02/2023	316,28	321,8
191	08/07/2023	328,37	330,11	231	10/03/2023	320,83	313,39
192	08/08/2023	326,96	326,05	232	10/04/2023	314,03	318,95

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
233	10/05/2023	319,09	319,36	273	12/01/2023	376,76	374,51
234	10/06/2023	316,55	327,26	274	12/04/2023	369,10	369,14
235	10/09/2023	324,75	329,82	275	12/05/2023	366,45	372,52
236	10/10/2023	330,96	328,39	276	12/06/2023	373,54	368,8
237	10/11/2023	331,21	332,42	277	12/07/2023	368,23	370,95
238	10/12/2023	330,56	331,16	278	12/08/2023	369,20	374,23
239	10/13/2023	332,38	327,73	279	12/11/2023	368,48	371,3
240	10/16/2023	331,05	332,64	280	12/12/2023	370,85	374,38
241	10/17/2023	329,59	332,06	281	12/13/2023	376,02	374,37
242	10/18/2023	332,49	330,11	282	12/14/2023	373,31	365,93
243	10/19/2023	332,15	331,32	283	12/15/2023	366,85	370,73
244	10/20/2023	331,72	326,67	284	12/18/2023	369,45	372,65
245	10/23/2023	325,47	329,32	285	12/19/2023	371,49	373,26
246	10/24/2023	331,30	330,53	286	12/20/2023	375,00	370,62
247	10/25/2023	345,02	340,67	287	12/21/2023	372,56	373,54
248	10/26/2023	340,54	327,89	288	12/22/2023	373,68	374,58
249	10/27/2023	330,43	329,81	289	12/26/2023	375,00	374,66
250	10/30/2023	333,41	337,31	290	12/27/2023	373,69	374,07
251	10/31/2023	338,85	338,11	291	12/28/2023	375,37	375,28
252	11/01/2023	339,79	346,07	292	12/29/2023	376,00	376,04
253	11/02/2023	347,24	348,32	293	01/02/2024	373,86	370,87
254	11/03/2023	349,63	352,8	294	01/03/2024	369,01	370,6
255	11/06/2023	353,45	356,53	295	01/04/2024	370,67	367,94
256	11/07/2023	359,40	360,53	296	01/05/2024	368,97	367,75
257	11/08/2023	361,68	363,2	297	01/08/2024	369,30	374,69
258	11/09/2023	362,30	360,69	298	01/09/2024	372,01	375,79
259	11/10/2023	361,49	369,67	299	01/10/2024	376,37	382,77
260	11/13/2023	368,22	366,68	300	01/11/2024	386,00	384,63
261	11/14/2023	371,01	370,27	301	01/12/2024	385,49	388,47
262	11/15/2023	371,28	369,67	302	01/16/2024	393,66	390,27
263	11/16/2023	370,96	376,17	303	01/17/2024	387,98	389,47
264	11/17/2023	373,61	369,85	304	01/18/2024	391,72	393,87
265	11/20/2023	371,22	377,44	305	01/19/2024	395,76	398,67
266	11/21/2023	375,67	373,07	306	01/22/2024	400,02	396,51
267	11/22/2023	378,00	377,85	307	01/23/2024	395,75	398,9
268	11/24/2023	377,33	377,43	308	01/24/2024	401,54	402,56
269	11/27/2023	376,78	378,61	309	01/25/2024	404,32	404,87
270	11/28/2023	378,35	382,7	310	01/26/2024	404,37	403,93
271	11/29/2023	383,76	378,85	311	01/29/2024	406,06	409,72
272	11/30/2023	378,49	378,91	312	01/30/2024	412,26	408,59

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
313	01/31/2024	406,96	397,58	353	03/28/2024	420,96	420,72
314	02/01/2024	401,83	403,78	354	04/01/2024	423,95	424,57
315	02/02/2024	403,81	411,22	355	04/02/2024	420,11	421,44
316	02/05/2024	409,90	405,65	356	04/03/2024	419,73	420,45
317	02/06/2024	405,88	405,49	357	04/04/2024	424,99	417,88
318	02/07/2024	407,44	414,05	358	04/05/2024	420,01	425,52
319	02/08/2024	414,05	414,11	359	04/08/2024	425,17	424,59
320	02/09/2024	415,25	420,55	360	04/09/2024	426,44	426,28
321	02/12/2024	420,56	415,26	361	04/10/2024	422,19	423,26
322	02/13/2024	404,94	406,32	362	04/11/2024	425,82	427,93
323	02/14/2024	408,07	409,49	363	04/12/2024	424,05	421,9
324	02/15/2024	408,14	406,56	364	04/15/2024	426,60	413,64
325	02/16/2024	407,96	404,06	365	04/16/2024	414,57	414,58
326	02/20/2024	403,24	402,79	366	04/17/2024	417,25	411,84
327	02/21/2024	400,17	402,18	367	04/18/2024	410,63	404,27
328	02/22/2024	410,19	411,65	368	04/19/2024	404,03	399,12
329	02/23/2024	415,67	410,34	369	04/22/2024	400,08	400,96
330	02/26/2024	411,45	407,54	370	04/23/2024	404,24	407,57
331	02/27/2024	407,99	407,48	371	04/24/2024	409,56	409,06
332	02/28/2024	408,18	407,72	372	04/25/2024	394,03	399,04
333	02/29/2024	408,64	413,64	373	04/26/2024	412,17	406,32
334	03/01/2024	411,27	415,5	374	04/29/2024	405,25	402,25
335	03/04/2024	413,44	414,92	375	04/30/2024	401,49	389,33
336	03/05/2024	413,96	402,65	376	05/01/2024	392,61	394,94
337	03/06/2024	402,97	402,09	377	05/02/2024	397,66	397,84
338	03/07/2024	406,12	409,14	378	05/03/2024	402,28	406,66
339	03/08/2024	407,96	406,22	379	05/06/2024	408,76	413,54
340	03/11/2024	403,76	404,52	380	05/07/2024	414,66	409,34
341	03/12/2024	407,62	415,28	381	05/08/2024	408,17	410,54
342	03/13/2024	418,10	415,1	382	05/09/2024	410,57	412,32
343	03/14/2024	420,24	425,22	383	05/10/2024	412,94	414,74
344	03/15/2024	419,29	416,42	384	05/13/2024	418,01	413,72
345	03/18/2024	414,25	417,32	385	05/14/2024	412,02	416,56
346	03/19/2024	417,83	421,41	386	05/15/2024	417,90	423,08
347	03/20/2024	422,00	425,23	387	05/16/2024	421,80	420,99
348	03/21/2024	429,83	429,37	388	05/17/2024	422,54	420,21
349	03/22/2024	429,70	428,74	389	05/20/2024	420,21	425,34
350	03/25/2024	425,24	422,86	390	05/21/2024	426,82	429,04
351	03/26/2024	425,61	421,65	391	05/22/2024	430,09	430,52
352	03/27/2024	424,44	421,43	392	05/23/2024	432,97	427

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
393	05/24/2024	427,19	430,16	433	07/24/2024	440,45	428,9
394	05/28/2024	429,63	430,32	434	07/25/2024	428,80	418,4
395	05/29/2024	425,69	429,17	435	07/26/2024	418,20	425,27
396	05/30/2024	424,30	414,67	436	07/29/2024	431,58	426,73
397	05/31/2024	416,75	415,13	437	07/30/2024	427,72	422,92
398	06/03/2024	415,52	413,52	438	07/31/2024	420,50	418,35
399	06/04/2024	412,43	416,07	439	08/01/2024	420,79	417,11
400	06/05/2024	417,81	424,01	440	08/02/2024	412,49	408,49
401	06/06/2024	424,01	424,52	441	08/05/2024	389,17	395,15
402	06/07/2024	426,20	423,85	442	08/06/2024	400,00	399,61
403	06/10/2024	424,70	427,87	443	08/07/2024	408,63	398,43
404	06/11/2024	425,48	432,68	444	08/08/2024	402,44	402,69
405	06/12/2024	435,32	441,06	445	08/09/2024	404,03	406,02
406	06/13/2024	440,85	441,58	446	08/12/2024	407,06	406,81
407	06/14/2024	438,27	442,57	447	08/13/2024	409,59	414,01
408	06/17/2024	442,58	448,37	448	08/14/2024	414,80	416,86
409	06/18/2024	449,70	446,34	449	08/15/2024	419,80	421,03
410	06/20/2024	446,30	445,7	450	08/16/2024	420,60	418,47
411	06/21/2024	447,38	449,78	451	08/19/2024	418,96	421,53
412	06/24/2024	449,80	447,67	452	08/20/2024	421,70	424,8
413	06/25/2024	448,25	450,95	453	08/21/2024	424,07	424,14
414	06/26/2024	449,00	452,16	454	08/22/2024	424,36	415,55
415	06/27/2024	452,18	452,85	455	08/23/2024	416,98	416,79
416	06/28/2024	453,07	446,95	456	08/26/2024	416,37	413,49
417	07/01/2024	448,66	456,73	457	08/27/2024	412,86	413,84
418	07/02/2024	453,20	459,28	458	08/28/2024	414,88	410,6
419	07/03/2024	458,19	460,77	459	08/29/2024	414,94	413,12
420	07/05/2024	459,61	467,56	460	08/30/2024	415,60	417,14
421	07/08/2024	466,55	466,24	461	09/03/2024	417,91	409,44
422	07/09/2024	467,00	459,54	462	09/04/2024	405,91	408,9
423	07/10/2024	461,22	466,25	463	09/05/2024	407,62	408,39
424	07/11/2024	462,98	454,7	464	09/06/2024	409,06	401,7
425	07/12/2024	454,32	453,55	465	09/09/2024	407,24	405,72
426	07/15/2024	453,30	453,96	466	09/10/2024	408,20	414,2
427	07/16/2024	454,22	449,52	467	09/11/2024	415,50	423,04
428	07/17/2024	442,59	443,52	468	09/12/2024	423,31	427
429	07/18/2024	444,34	440,37	469	09/13/2024	425,82	430,59
430	07/19/2024	433,10	437,11	470	09/16/2024	430,60	431,34
431	07/22/2024	441,79	442,94	471	09/17/2024	440,23	435,15
432	07/23/2024	443,89	444,85	472	09/18/2024	435,00	430,81

No	Tanggal	Open	Close	No	Tanggal	Open	Close
473	09/19/2024	441,23	438,69	489	10/11/2024	416,13	416,32
474	09/20/2024	437,22	435,27	490	10/14/2024	417,77	419,14
475	09/23/2024	434,28	433,51	491	10/15/2024	422,18	418,74
476	09/24/2024	433,00	429,17	492	10/16/2024	415,17	416,12
477	09/25/2024	429,83	432,11	493	10/17/2024	422,36	416,72
478	09/26/2024	435,08	431,31	494	10/18/2024	417,14	418,16
479	09/27/2024	431,52	428,02	495	10/21/2024	416,12	418,78
480	09/30/2024	428,21	430,3	496	10/22/2024	418,49	427,51
481	10/01/2024	428,45	420,69	497	10/23/2024	430,86	424,6
482	10/02/2024	422,58	417,13	498	10/24/2024	425,32	424,73
483	10/03/2024	417,63	416,54	499	10/25/2024	426,76	428,15
484	10/04/2024	418,24	416,06	500	10/28/2024	431,65	426,59
485	10/07/2024	416,00	409,54	501	10/29/2024	428,00	431,95
486	10/08/2024	410,90	414,71	502	10/30/2024	437,44	432,53
487	10/09/2024	415,86	417,46	503	10/31/2024	415,36	406,35
488	10/10/2024	415,23	415,84				

Lampiran 2. *Return Harga Saham Microsoft Corporation*

z	R_z	z	R_z	z	R_z	z	R_z
1	-0,036009	40	0,027255	79	0,003765	118	-0,014061
2	-0,026938	41	-0,004950	80	-0,002962	119	-0,022794
3	0,032782	42	-0,001001	81	-0,012710	120	0,069932
4	0,028849	43	-0,044729	82	0,019463	121	0,031525
5	0,004379	44	-0,030086	83	0,016509	122	0,007940
6	-0,019234	45	0,011716	84	0,006170	123	-0,005548
7	0,079059	46	0,009689	85	-0,010645	124	-0,000491
8	0,016854	47	0,007588	86	-0,001772	125	-0,003313
9	-0,022757	48	0,029790	87	-0,005454	126	0,003313
10	0,001737	49	0,011554	88	-0,014893	127	0,017012
11	-0,000992	50	0,003014	89	0,021214	128	-0,006459
12	-0,000207	51	0,004671	90	0,026696	129	-0,005360
13	-0,001905	52	-0,019070	91	0,017673	130	0,017149
14	0,003435	53	-0,016591	92	0,039736	131	-0,007069
15	0,012236	54	0,035120	93	0,011627	132	-0,003683
16	0,010353	55	0,009776	94	-0,026105	133	0,001585
17	-0,000364	56	-0,002229	95	0,005678	134	0,007341
18	-0,023425	57	-0,005926	96	-0,005457	135	0,007223
19	-0,005933	58	0,030251	97	0,019530	136	0,014292
20	0,059799	59	0,000645	98	0,010426	137	-0,000565
21	-0,001765	60	-0,022206	99	-0,015047	138	0,008882
22	0,001295	61	0,020795	100	-0,004170	139	-0,018604
23	-0,019081	62	0,019739	101	0,019002	140	-0,004483
24	-0,020513	63	0,045818	102	0,012541	141	0,037737
25	-0,003064	64	-0,023904	103	0,014851	142	0,021160
26	0,012323	65	-0,006135	104	-0,003718	143	-0,005059
27	-0,008035	66	0,041163	105	-0,000174	144	-0,008551
28	0,028480	67	-0,003107	106	-0,009938	145	0,012679
29	0,017314	68	-0,011728	107	0,025212	146	0,008443
30	0,001167	69	-0,001974	108	-0,007608	147	0,001609
31	-0,032439	70	0,030765	109	-0,022929	148	-0,006750
32	-0,017501	71	0,003128	110	0,002331	149	-0,031354
33	-0,017480	72	-0,010527	111	0,022152	150	0,005797
34	0,005599	73	-0,026983	112	-0,012848	151	0,004693
35	0,010818	74	-0,015725	113	0,009253	152	0,015365
36	-0,025860	75	-0,021108	114	-0,001490	153	0,007326
37	0,002265	76	-0,004602	115	0,000277	154	0,009082
38	-0,007442	77	0,012878	116	-0,008145	155	0,031398
39	-0,010308	78	-0,022025	117	-0,001224	156	-0,016715

z	R_z	z	R_z	z	R_z	z	R_z
157	-0,012581	197	-0,004546	237	-0,003798	277	0,008803
158	-0,013371	198	-0,011047	238	-0,010412	278	-0,007860
159	0,018270	199	-0,001263	239	0,014871	279	0,008261
160	-0,013902	200	0,016919	240	-0,001745	280	-0,000027
161	-0,019349	201	0,001800	241	-0,005890	281	-0,022803
162	0,018005	202	0,013981	242	0,003659	282	0,013032
163	0,003819	203	-0,021733	243	-0,014134	283	0,005166
164	-0,002385	204	0,009363	244	0,008079	284	0,001636
165	0,016253	205	0,002227	245	0,003668	285	-0,007098
166	-0,007516	206	0,014446	246	0,030217	286	0,007848
167	0,000473	207	0,001156	247	-0,038236	287	0,002780
168	0,009184	208	-0,003138	248	0,005839	288	0,000214
169	-0,011938	209	0,002742	249	0,022486	289	-0,001576
170	-0,016113	210	0,014769	250	0,002369	290	0,003229
171	0,001927	211	-0,002011	251	0,023270	291	0,002023
172	0,014127	212	-0,008962	252	0,006481	292	-0,013844
173	0,016062	213	0,013129	253	0,012780	293	-0,000728
174	0,007501	214	0,010919	254	0,010517	294	-0,007203
175	0,001418	215	-0,018426	255	0,011157	295	-0,000517
176	0,039028	216	0,012848	256	0,007378	296	0,018696
177	-0,012343	217	0,007825	257	-0,006935	297	0,002931
178	-0,023393	218	-0,025356	258	0,024592	298	0,018404
179	-0,008977	219	-0,003519	259	-0,008121	299	0,004848
180	0,003890	220	-0,001247	260	0,009743	300	0,009934
181	0,016866	221	-0,024269	261	-0,001622	301	0,004623
182	-0,038364	222	-0,003873	262	0,017430	302	-0,002052
183	-0,021093	223	-0,007918	263	-0,016944	303	0,011234
184	0,022868	224	0,001670	264	0,020314	304	0,012113
185	-0,007267	225	-0,017152	265	-0,011646	305	-0,005433
186	0,001250	226	0,002080	266	0,012731	306	0,006009
187	-0,026634	227	0,002714	267	-0,001112	307	0,009133
188	-0,002568	228	0,006705	268	0,003122	308	0,005722
189	0,003423	229	0,018979	269	0,010745	309	-0,002324
190	0,007083	230	-0,026482	270	-0,010111	310	0,014232
191	-0,012375	231	0,017586	271	0,000158	311	-0,002762
192	-0,011785	232	0,001285	272	-0,011680	312	-0,027316
193	0,002170	233	0,024436	273	-0,014443	313	0,015474
194	-0,005963	234	0,007792	274	0,009115	314	0,018258
195	0,009395	235	-0,004345	275	-0,010036	315	-0,013638
196	-0,006750	236	0,012197	276	0,005813	316	-0,000395

z	R_z	z	R_z	z	R_z	z	R_z
317	0,020891	357	0,018118	397	-0,003886	437	-0,010865
318	0,000145	358	-0,002188	398	0,006148	438	-0,002968
319	0,015432	359	0,003972	399	0,018904	439	-0,020883
320	-0,012659	360	-0,007110	400	0,001202	440	-0,033202
321	-0,021764	361	0,010973	401	-0,001579	441	0,011224
322	0,007771	362	-0,014191	402	0,009440	442	-0,002957
323	-0,007181	363	-0,019772	403	0,011179	443	0,010635
324	-0,006168	364	0,002270	404	0,019182	444	0,008235
325	-0,003148	365	-0,006631	405	0,001178	445	0,001944
326	-0,001516	366	-0,018552	406	0,002239	446	0,017544
327	0,023274	367	-0,012821	407	0,013020	447	0,006860
328	-0,003187	368	0,004600	408	-0,004538	448	0,009954
329	-0,006847	369	0,016351	409	-0,001435	449	-0,006099
330	-0,000147	370	0,003649	410	0,009112	450	0,007286
331	0,000589	371	-0,024800	411	-0,004702	451	0,007728
332	0,014415	372	0,018079	412	0,007300	452	-0,001555
333	0,004487	373	-0,010067	413	0,002680	453	-0,020461
334	-0,001397	374	-0,032646	414	0,001525	454	0,002980
335	-0,030018	375	0,014307	415	-0,013114	455	-0,007949
336	-0,001392	376	0,007316	416	0,021646	456	0,000846
337	0,017381	377	0,021928	417	0,005568	457	-0,007860
338	-0,007163	378	0,016777	418	0,003239	458	0,006119
339	-0,004194	379	-0,010208	419	0,014629	459	0,009684
340	0,026252	380	0,002927	420	-0,002827	460	-0,018632
341	-0,000434	381	0,004326	421	-0,014475	461	-0,001320
342	0,024087	382	0,005852	422	0,014496	462	-0,001248
343	-0,020912	383	-0,002462	423	-0,025084	463	-0,016517
344	0,002159	384	0,006841	424	-0,002532	464	0,009958
345	0,009753	385	0,015531	425	0,000904	465	0,020686
346	0,009024	386	-0,004952	426	-0,009829	466	0,021118
347	0,009689	387	-0,001854	427	-0,013437	467	0,009317
348	-0,001468	388	0,012134	428	-0,007128	468	0,008372
349	-0,013810	389	0,008661	429	-0,007430	469	0,001740
350	-0,002866	390	0,003444	430	0,013249	470	0,008794
351	-0,000522	391	-0,008210	431	0,004303	471	-0,010024
352	-0,001686	392	0,007373	432	-0,036513	472	0,018126
353	0,009109	393	0,000372	433	-0,024786	473	-0,007826
354	-0,007399	394	-0,002676	434	0,016286	474	-0,004052
355	-0,002352	395	-0,034370	435	0,003427	475	-0,010062
356	-0,006131	396	0,001109	436	-0,008968	476	0,006827

z	R_z	z	R_z	z	R_z	z	R_z
477	-0,001853	484	-0,015795	491	-0,006277	498	0,008020
478	-0,007657	485	0,012545	492	0,001441	499	-0,003650
479	0,005313	486	0,006609	493	0,003450	500	0,012486
480	-0,022586	487	-0,003888	494	0,001482	501	0,001342
481	-0,008498	488	0,001154	495	0,020632	502	-0,062437
482	-0,001415	489	0,006751	496	-0,006830		
483	-0,001153	490	-0,000955	497	0,000306		

Lampiran 3. Harga Opsi *Down and Out Call* dan *Error* sebanyak 504 Partisi

<i>M</i>	Opsi <i>Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	Opsi <i>Call</i>	<i>Error</i>
1	45,833057	0,210798	40	38,029844	0,004656
2	37,834425	0,000507	41	37,873818	0,000534
3	40,023329	0,057319	42	38,010727	0,004151
4	38,558144	0,018612	43	37,891900	0,001009
5	38,807102	0,025189	44	37,992670	0,003674
6	38,643978	0,020880	45	37,906858	0,001407
7	38,286509	0,011436	46	37,975577	0,003222
8	38,617525	0,020181	47	37,919476	0,001740
9	37,998234	0,003821	48	37,959367	0,002794
10	38,565092	0,018796	49	37,930013	0,002018
11	37,815298	0,001012	50	37,943965	0,002387
12	38,508295	0,017295	51	37,938775	0,002250
13	37,688931	0,004350	52	37,929307	0,002000
14	38,453502	0,015848	53	37,946016	0,002441
15	37,596424	0,006794	54	37,915334	0,001631
16	38,402548	0,014502	55	37,951949	0,002598
17	37,525784	0,008660	56	37,901994	0,001278
18	38,355760	0,013266	57	37,956752	0,002725
19	37,470079	0,010132	58	37,889241	0,000941
20	38,312941	0,012134	59	37,960576	0,002826
21	37,425029	0,011322	60	37,877033	0,000619
22	38,273732	0,011099	61	37,963549	0,002904
23	37,415216	0,011581	62	37,865330	0,000310
24	38,237746	0,010148	63	37,965780	0,002963
25	37,515457	0,008933	64	37,854101	0,000013
26	38,204616	0,009273	65	37,967364	0,003005
27	37,596055	0,006804	66	37,843312	0,000272
28	38,174015	0,008464	67	37,968381	0,003032
29	37,661537	0,005074	68	37,832936	0,000546
30	38,145656	0,007715	69	37,968901	0,003046
31	37,715192	0,003657	70	37,822946	0,000810
32	38,119288	0,007019	71	37,968985	0,003048
33	37,759463	0,002487	72	37,813320	0,001064
34	38,094698	0,006369	73	37,968685	0,003040
35	37,796193	0,001517	74	37,804036	0,001310
36	38,071698	0,005761	75	37,968046	0,003023
37	37,826800	0,000708	76	37,795072	0,001546
38	38,050126	0,005192	77	37,967110	0,002998
39	37,852385	0,000032	78	37,786412	0,001775

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
79	37,965911	0,002967	119	37,916517	0,001662
80	37,778039	0,001996	120	37,850993	0,000069
81	37,964480	0,002929	121	37,913578	0,001584
82	37,769936	0,002210	122	37,855262	0,000044
83	37,962845	0,002886	123	37,910634	0,001507
84	37,762089	0,002418	124	37,859246	0,000149
85	37,961030	0,002838	125	37,907688	0,001429
86	37,754486	0,002619	126	37,862961	0,000247
87	37,959055	0,002786	127	37,904742	0,001351
88	37,747113	0,002813	128	37,866422	0,000339
89	37,956941	0,002730	129	37,901798	0,001273
90	37,739959	0,003002	130	37,869645	0,000424
91	37,954703	0,002671	131	37,898859	0,001195
92	37,747485	0,002803	132	37,872644	0,000503
93	37,952357	0,002609	133	37,895925	0,001118
94	37,758594	0,002510	134	37,875431	0,000577
95	37,949915	0,002544	135	37,893000	0,001041
96	37,768958	0,002236	136	37,878019	0,000645
97	37,947391	0,002478	137	37,890083	0,000964
98	37,778632	0,001981	138	37,880418	0,000708
99	37,944779	0,002409	139	37,887176	0,000887
100	37,787664	0,001742	140	37,882639	0,000767
101	37,942134	0,002339	141	37,884281	0,000810
102	37,796100	0,001519	142	37,884692	0,000821
103	37,939420	0,002267	143	37,881398	0,000734
104	37,803980	0,001311	144	37,886586	0,000871
105	37,936659	0,002194	145	37,878529	0,000658
106	37,811343	0,001117	146	37,888330	0,000917
107	37,933858	0,002120	147	37,875674	0,000583
108	37,818223	0,000935	148	37,889932	0,000960
109	37,931023	0,002045	149	37,872834	0,000508
110	37,824652	0,000765	150	37,891399	0,000998
111	37,928160	0,001970	151	37,870009	0,000433
112	37,820660	0,000606	152	37,892738	0,001034
113	37,925273	0,001893	153	37,867200	0,000359
114	37,836274	0,000458	154	37,893957	0,001066
115	37,922368	0,001816	155	37,864408	0,000285
116	37,841519	0,000319	156	37,895061	0,001095
117	37,919448	0,001739	157	37,861633	0,000212
118	37,846418	0,000190	158	37,896057	0,001121

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
159	37,858876	0,000139	199	37,807642	0,001214
160	37,896950	0,001145	200	37,899509	0,001213
161	37,856136	0,000067	201	37,805278	0,001277
162	37,897745	0,001166	202	37,899105	0,001202
163	37,853414	0,000005	203	37,802932	0,001339
164	37,898447	0,001185	204	37,898667	0,001190
165	37,850711	0,000077	205	37,804842	0,001288
166	37,899061	0,001201	206	37,898196	0,001178
167	37,848026	0,000147	207	37,808041	0,001204
168	37,899591	0,001215	208	37,897693	0,001165
169	37,845359	0,000218	209	37,811126	0,001122
170	37,900042	0,001227	210	37,897161	0,001151
171	37,842712	0,000288	211	37,814101	0,001044
172	37,900417	0,001237	212	37,896601	0,001136
173	37,840083	0,000357	213	37,816969	0,000968
174	37,900721	0,001245	214	37,896014	0,001120
175	37,837474	0,000426	215	37,819735	0,000895
176	37,900956	0,001251	216	37,895401	0,001104
177	37,834883	0,000495	217	37,822401	0,000824
178	37,901126	0,001255	218	37,894763	0,001087
179	37,832312	0,000563	219	37,894971	0,000756
180	37,901235	0,001258	220	37,894102	0,001070
181	37,829759	0,000630	221	37,827449	0,000691
182	37,901284	0,001260	222	37,893419	0,001052
183	37,827226	0,000697	223	37,829837	0,000628
184	37,901278	0,001259	224	37,892715	0,001033
185	37,824712	0,000763	225	37,832139	0,000567
186	37,901219	0,001258	226	37,891990	0,001014
187	37,822216	0,000829	227	37,834357	0,000509
188	37,901108	0,001255	228	37,891246	0,000994
189	37,819740	0,000895	229	37,836494	0,000452
190	37,900950	0,001251	230	37,890484	0,000974
191	37,817283	0,000960	231	37,838553	0,000398
192	37,900745	0,001245	232	37,889704	0,000954
193	37,814845	0,001024	233	37,840536	0,000345
194	37,900497	0,001239	234	37,888908	0,000933
195	37,812425	0,001088	235	37,842446	0,000295
196	37,900206	0,001231	236	37,888096	0,000911
197	37,810024	0,001151	237	37,844285	0,000246
198	37,899876	0,001222	238	37,887269	0,000889

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
239	37,846055	0,000200	279	37,869880	0,000430
240	37,886428	0,000867	280	37,867501	0,000367
241	37,847759	0,000154	281	37,870608	0,000449
242	37,885573	0,000844	282	37,866484	0,000340
243	37,849398	0,000111	283	37,871301	0,000467
244	37,884706	0,000822	284	37,865464	0,000313
245	37,850975	0,000070	285	37,871960	0,000485
246	37,883826	0,000798	286	37,864440	0,000286
247	37,852491	0,000029	287	37,872586	0,000501
248	37,882934	0,000775	288	37,863412	0,000259
249	37,853949	0,000009	289	37,873180	0,000517
250	37,882031	0,000751	290	37,862382	0,000232
251	37,855351	0,000046	291	37,873742	0,000532
252	37,881118	0,000727	292	37,861348	0,000204
253	37,856697	0,000082	293	37,874274	0,000546
254	37,880195	0,000702	294	37,860311	0,000177
255	37,857990	0,000116	295	37,874777	0,000559
256	37,879263	0,000678	296	37,859272	0,000150
257	37,859231	0,000149	297	37,875250	0,000572
258	37,878321	0,000653	298	37,858231	0,000122
259	37,860422	0,000180	299	37,875696	0,000584
260	37,877371	0,000628	300	37,857188	0,000095
261	37,861564	0,000210	301	37,876115	0,000595
262	37,876414	0,000602	302	37,856142	0,000067
263	37,862659	0,000239	303	37,876507	0,000605
264	37,875448	0,000577	304	37,855095	0,000039
265	37,863708	0,000267	305	37,876873	0,000615
266	37,874476	0,000551	306	37,854047	0,000012
267	37,864713	0,000293	307	37,877215	0,000624
268	37,873497	0,000525	308	37,852997	0,000016
269	37,865675	0,000319	309	37,877532	0,000632
270	37,872511	0,000499	310	37,851946	0,000044
271	37,866595	0,000343	311	37,877825	0,000640
272	37,871519	0,000473	312	37,850894	0,000072
273	37,867474	0,000366	313	37,878096	0,000647
274	37,870522	0,000447	314	37,849841	0,000099
275	37,868314	0,000389	315	37,878344	0,000653
276	37,869520	0,000420	316	37,848788	0,000127
277	37,869116	0,000410	317	37,878570	0,000659
278	37,868513	0,000394	318	37,847733	0,000155

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
319	37,878776	0,000665	359	37,879193	0,000676
320	37,846679	0,000183	360	37,825680	0,000738
321	37,846679	0,000670	361	37,879062	0,000672
322	37,878960	0,000211	362	37,824943	0,000757
323	37,879125	0,000674	363	37,878920	0,000669
324	37,844569	0,000239	364	37,826283	0,000722
325	37,879269	0,000678	365	37,878766	0,000665
326	37,843515	0,000267	366	37,827592	0,000687
327	37,879395	0,000681	367	37,878600	0,000660
328	37,842460	0,000294	368	37,828871	0,000653
329	37,879503	0,000684	369	37,878424	0,000656
330	37,841405	0,000322	370	37,830120	0,000620
331	37,879592	0,000686	371	37,878237	0,000651
332	37,840351	0,000350	372	37,831340	0,000588
333	37,879664	0,000688	373	37,878039	0,000645
334	37,839297	0,000378	374	37,832531	0,000557
335	37,879718	0,000690	375	37,877832	0,000640
336	37,838244	0,000406	376	37,833695	0,000526
337	37,879756	0,000691	377	37,877615	0,000634
338	37,837192	0,000434	378	37,834832	0,000496
339	37,879778	0,000691	379	37,877388	0,000628
340	37,836140	0,000461	380	37,835942	0,000467
341	37,879784	0,000692	381	37,877151	0,000622
342	37,835089	0,000489	382	37,837025	0,000438
343	37,879775	0,000691	383	37,876991	0,000616
344	37,834039	0,000517	384	37,838083	0,000410
345	37,879751	0,000691	385	37,876652	0,000609
346	37,832990	0,000545	386	37,839116	0,000383
347	37,879712	0,000690	387	37,876389	0,000602
348	37,831941	0,000572	388	37,840124	0,000356
349	37,879659	0,000688	389	37,876117	0,000595
350	37,830895	0,000600	390	37,841107	0,000330
351	37,879592	0,000686	391	37,875838	0,000587
352	37,829849	0,000628	392	37,842067	0,000305
353	37,879512	0,000684	393	37,875550	0,000580
354	37,828805	0,000655	394	37,843004	0,000280
355	37,879418	0,000682	395	37,875255	0,000572
356	37,827762	0,000683	396	37,843918	0,000256
357	37,879312	0,000679	397	37,874951	0,000564
358	37,826720	0,000710	398	37,844810	0,000232

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
399	37,874641	0,000556	439	37,867135	0,000357
400	37,845680	0,000209	440	37,859060	0,000144
401	37,874323	0,000547	441	37,866706	0,000346
402	37,846528	0,000187	442	37,859554	0,000157
403	37,873998	0,000539	443	37,866273	0,000335
404	37,847355	0,000165	444	37,860034	0,000170
405	37,873667	0,000530	445	37,865836	0,000323
406	37,848162	0,000144	446	37,860499	0,000182
407	37,873329	0,000521	447	37,865395	0,000311
408	37,848948	0,000123	448	37,860951	0,000194
409	37,872984	0,000512	449	37,864950	0,000300
410	37,849714	0,000103	450	37,861389	0,000206
411	37,872633	0,000503	451	37,864502	0,000288
412	37,850461	0,000083	452	37,861813	0,000217
413	37,872275	0,000493	453	37,864049	0,000276
414	37,851188	0,000064	454	37,362224	0,000228
415	37,871912	0,000484	455	37,863594	0,000264
416	37,851897	0,000045	456	37,862623	0,000238
417	37,871543	0,000474	457	37,863135	0,000252
418	37,852588	0,000027	458	37,863008	0,000248
419	37,871168	0,000464	459	37,862672	0,000239
420	37,853260	0,000009	460	37,863381	0,000258
421	37,870787	0,000454	461	37,862206	0,000227
422	37,853915	0,000008	462	37,863742	0,000268
423	37,870401	0,000444	463	37,861737	0,000215
424	37,854552	0,000025	464	37,864090	0,000277
425	37,870010	0,000433	465	37,861265	0,000202
426	37,855172	0,000041	466	37,864427	0,000286
427	37,869614	0,000423	467	37,860790	0,000190
428	37,855775	0,000057	468	37,864752	0,000294
429	37,869212	0,000412	469	37,860313	0,000177
430	37,856362	0,000073	470	37,865066	0,000303
431	37,868806	0,000402	471	37,859832	0,000164
432	37,856933	0,000088	472	37,865368	0,000311
433	37,868395	0,000391	473	37,859348	0,000152
434	37,857487	0,000103	474	37,865660	0,000318
435	37,867979	0,000380	475	37,858862	0,000139
436	37,858027	0,000117	476	37,865940	0,000326
437	37,867559	0,000369	477	37,858374	0,000126
438	37,858551	0,000131	478	37,866210	0,000333

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
479	37,857882	0,000113	492	37,867815	0,000375
480	37,866469	0,000340	493	37,854379	0,000020
481	37,857389	0,000100	494	37,868006	0,000380
482	37,866718	0,000346	495	37,853870	0,000007
483	37,856893	0,000087	496	37,868188	0,000385
484	37,866957	0,000353	497	37,853360	0,000007
485	37,856394	0,000074	498	37,868360	0,000390
486	37,867186	0,000359	499	37,852847	0,000020
487	37,855894	0,000060	500	37,868524	0,000394
488	37,867405	0,000365	501	37,868524	0,000034
489	37,855391	0,000047	502	37,868680	0,000398
490	37,867615	0,000370	503	37,851816	0,000047
491	37,854886	0,000034	504	37,868826	0,000402

Lampiran 4. Harga Opsi *Down and Out Put* dan *Error* sebanyak 504 Partisi

<i>M</i>	Opsi <i>Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	Opsi <i>Put</i>	<i>Error</i>
1	49,073262	0,262853	40	39,803561	0,024306
2	41,074630	0,057016	41	39,459453	0,015451
3	43,263534	0,113345	42	39,654120	0,020460
4	41,798349	0,075640	43	39,165846	0,007895
5	42,047307	0,082047	44	39,483306	0,016064
6	41,884183	0,077849	45	39,659153	0,020590
7	41,526714	0,068650	46	39,470967	0,015747
8	41,857730	0,077168	47	39,471671	0,015765
9	40,135729	0,032854	48	39,168458	0,007962
10	41,197144	0,060168	49	39,444453	0,015065
11	40,492827	0,042044	50	39,643308	0,020182
12	39,939992	0,027817	51	39,391907	0,013712
13	39,857951	0,025706	52	39,432982	0,014769
14	40,684438	0,046974	53	39,137361	0,007162
15	40,173135	0,033817	54	39,389129	0,013641
16	40,306491	0,037248	55	39,604472	0,019183
17	39,492874	0,016311	56	39,336815	0,012295
18	40,679364	0,046844	57	39,445138	0,015082
19	39,258277	0,010274	58	39,097050	0,006125
20	40,159345	0,033462	59	39,429122	0,014670
21	39,605165	0,019200	60	39,479763	0,015973
22	40,045451	0,030531	61	39,409525	0,014166
23	39,238183	0,009756	62	39,358593	0,012855
24	40,359924	0,038623	63	39,215390	0,009170
25	39,310881	0,011627	64	39,260186	0,010323
26	40,065905	0,031057	65	39,538365	0,017481
27	38,854579	0,000115	66	39,304333	0,011459
28	39,994974	0,029232	67	39,483238	0,016063
29	39,587664	0,018750	68	39,138470	0,007190
30	39,574357	0,018408	69	39,303700	0,011442
31	39,190334	0,008525	70	39,298635	0,011312
32	40,067976	0,311110	71	39,429227	0,014673
33	39,349067	0,012610	72	39,344139	0,012483
34	39,736992	0,022593	73	39,332121	0,012174
35	39,474834	0,015846	74	39,201947	0,008824
36	39,720016	0,022156	75	39,152637	0,007555
37	39,615593	0,019469	76	39,189456	0,008503
38	39,448444	0,015167	77	39,477584	0,015917
39	39,290231	0,011096	78	39,191383	0,008552

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
79	39,417866	0,014380	119	39,309110	0,011582
80	39,053803	0,005012	120	39,140201	0,007235
81	39,267859	0,010520	121	39,240203	0,009808
82	39,198355	0,008732	122	39,058646	0,005136
83	39,387230	0,013592	123	39,138661	0,007195
84	39,253336	0,010146	124	39,174162	0,008109
85	39,306706	0,011520	125	39,235567	0,009689
86	39,145989	0,007384	126	39,245670	0,009949
87	39,171641	0,008804	127	39,213603	0,009124
88	38,986612	0,003283	128	39,207151	0,008958
89	39,423573	0,014527	129	39,139067	0,007206
90	39,122188	0,006771	130	39,128950	0,006945
91	39,409756	0,014172	131	39,039001	0,004631
92	39,056869	0,005091	132	39,142654	0,007298
93	39,299375	0,011331	133	39,271142	0,010605
94	38,935581	0,001969	134	39,183962	0,008361
95	39,302294	0,011406	135	39,252864	0,010134
96	39,221274	0,009321	136	39,142106	0,007284
97	39,308511	0,011566	137	39,185891	0,008411
98	39,202770	0,008845	138	39,066142	0,005329
99	39,230581	0,009561	139	39,094940	0,006070
100	39,108156	0,006410	140	39,211223	0,009063
101	39,103630	0,006294	141	39,184677	0,008380
102	39,123037	0,006793	142	39,236130	0,009704
103	39,361850	0,012939	143	39,170975	0,008027
104	39,161764	0,007790	144	39,206785	0,008948
105	39,338188	0,012330	145	39,110364	0,006467
106	39,093420	0,006031	146	39,141659	0,007273
107	39,242959	0,009879	147	39,026283	0,004303
108	38,983734	0,003208	148	39,116436	0,006623
109	39,250169	0,010065	149	39,215570	0,009175
110	39,236368	0,009710	150	39,184913	0,008386
111	39,263903	0,010418	151	39,205328	0,008911
112	39,227124	0,009472	152	39,160345	0,007753
113	39,204690	0,008895	153	39,161634	0,007787
114	39,150466	0,007499	154	39,100989	0,006226
115	39,101057	0,006288	155	39,090895	0,005966
116	39,117634	0,006654	156	39,022658	0,004210
117	39,302291	0,011406	157	39,100562	0,006215
118	39,173393	0,008089	158	39,227961	0,009493

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
159	39,138068	0,007180	199	39,014751	0,004007
160	39,224121	0,009395	200	39,130235	0,006979
161	39,106041	0,006356	201	38,961782	0,002644
162	39,178585	0,008223	202	39,073614	0,005521
163	39,044784	0,004780	203	39,033966	0,004501
164	39,111620	0,006500	204	39,129212	0,006952
165	39,079764	0,005680	205	39,093363	0,006030
166	39,152599	0,007554	206	39,142849	0,007303
167	39,177227	0,008188	207	39,088297	0,005899
168	39,175765	0,008150	208	39,119072	0,006691
169	39,154421	0,007601	209	39,057742	0,005113
170	39,144605	0,007348	210	39,076326	0,005591
171	39,110051	0,006459	211	39,009073	0,003861
172	39,088254	0,005898	212	39,021757	0,004187
173	39,045248	0,004791	213	38,996881	0,003547
174	39,124382	0,006828	214	39,162458	0,007808
175	39,082967	0,005762	215	39,056704	0,005086
176	39,203855	0,008873	216	39,176598	0,008172
177	39,104462	0,006315	217	39,053163	0,004995
178	39,203758	0,008871	218	39,155438	0,007627
179	39,074430	0,005542	219	39,025091	0,004273
180	39,166239	0,007905	220	39,112174	0,006514
181	39,020305	0,004150	221	38,983009	0,003190
182	39,109138	0,006436	222	39,063049	0,005250
183	38,951952	0,002391	223	39,015006	0,004013
184	39,122289	0,006774	224	39,116125	0,006615
185	39,128074	0,006923	225	39,098782	0,006169
186	39,162196	0,007801	226	39,122047	0,006768
187	39,117774	0,006658	227	39,101698	0,006244
188	39,143248	0,007313	228	39,107144	0,006384
189	39,085607	0,005830	229	39,078756	0,005654
190	39,098874	0,006172	230	39,073194	0,005511
191	39,033035	0,004477	231	39,041220	0,004688
192	39,039585	0,004646	232	39,027734	0,004341
193	39,013696	0,003980	233	38,994110	0,003475
194	39,172014	0,008054	234	39,119139	0,006693
195	39,071501	0,005467	235	39,062373	0,005232
196	39,195767	0,008665	236	39,155547	0,007630
197	39,051015	0,004940	237	39,072723	0,005499
198	39,173793	0,008099	238	39,139941	0,007228

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
239	39,054898	0,005040	279	39,060849	0,005193
240	39,113518	0,006548	280	39,105848	0,006351
241	39,021793	0,004188	281	39,079217	0,005666
242	39,074211	0,005537	282	39,099411	0,006185
243	38,978776	0,003081	283	39,070605	0,005444
244	39,026291	0,004304	284	39,083226	0,005769
245	39,088860	0,005914	285	39,047946	0,004861
246	39,103081	0,006280	286	39,055212	0,005048
247	39,105754	0,006349	287	39,016192	0,004044
248	39,105783	0,006349	288	39,019311	0,004124
249	39,100255	0,006207	289	38,978271	0,003068
250	39,084619	0,005805	290	39,030908	0,004422
251	39,075815	0,005578	291	39,099537	0,006189
252	39,049932	0,004912	292	39,064395	0,005284
253	39,039863	0,004653	293	39,103893	0,006301
254	39,006282	0,003789	294	39,061665	0,005214
255	38,996060	0,003526	295	39,095773	0,006092
256	39,107758	0,006400	296	39,042846	0,004730
257	39,072291	0,005487	297	39,074387	0,005541
258	39,122873	0,006789	298	39,014118	0,003990
259	39,077793	0,005629	299	39,044406	0,004770
260	39,116715	0,006631	300	38,978476	0,003073
261	39,060562	0,005186	301	39,008312	0,003841
262	39,092335	0,006003	302	39,050874	0,004936
263	39,030346	0,004408	303	39,063860	0,005270
264	39,057289	0,005101	304	39,081724	0,005730
265	38,991477	0,003408	305	39,075999	0,005583
266	39,014087	0,003990	306	39,079944	0,005684
267	39,074229	0,005537	307	39,066617	0,005341
268	39,073521	0,005519	308	39,058610	0,005135
269	39,110265	0,006465	309	39,045365	0,004795
270	39,083079	0,005765	310	39,033075	0,004478
271	39,107040	0,006382	311	39,016226	0,004045
272	39,068131	0,005380	312	39,000938	0,003651
273	39,086448	0,005852	313	38,981390	0,003148
274	39,039779	0,004651	314	39,012376	0,003946
275	39,055176	0,005047	315	39,082167	0,005742
276	39,002625	0,003695	316	39,044651	0,004776
277	39,014259	0,003994	317	39,099598	0,006190
278	39,058530	0,005133	318	39,043685	0,004751

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
319	39,093561	0,006035	359	39,043410	0,004744
320	39,023751	0,004238	360	39,003050	0,003706
321	39,075265	0,005564	361	39,018236	0,004096
322	38,999842	0,003623	362	38,977908	0,003059
323	39,048991	0,004888	363	38,991251	0,003402
324	38,969189	0,002834	364	38,950360	0,002350
325	39,016955	0,004063	365	39,036126	0,004557
326	38,990921	0,003393	366	38,999526	0,003615
327	39,057780	0,005114	367	39,076753	0,005602
328	39,051672	0,004975	368	39,007301	0,003815
329	39,068199	0,005382	369	39,081817	0,005733
330	39,058365	0,005129	370	39,005704	0,003774
331	39,065692	0,005318	371	39,073027	0,005506
332	39,047641	0,004853	372	38,993555	0,003461
333	39,050277	0,004921	373	39,055855	0,005064
334	39,026868	0,004318	374	38,974456	0,002970
335	39,026622	0,004312	375	39,032838	0,004472
336	38,999167	0,003606	376	38,950309	0,002348
337	38,997109	0,003553	377	39,003575	0,003719
338	38,964480	0,002713	378	38,971730	0,002900
339	39,044859	0,004781	379	39,028277	0,004355
340	39,014377	0,003997	380	39,027798	0,004342
341	39,087292	0,005873	381	39,050930	0,004938
342	39,019470	0,004128	382	39,037671	0,004596
343	39,091579	0,005984	383	39,050965	0,004939
344	39,014243	0,003994	384	39,032667	0,004468
345	39,080889	0,005709	385	39,039928	0,004655
346	38,997670	0,003567	386	39,018991	0,004116
347	39,061171	0,005201	387	39,021824	0,004189
348	38,973531	0,002946	388	38,996911	0,003548
349	39,035189	0,004533	389	38,998502	0,003589
350	38,944006	0,002186	390	38,973339	0,002941
351	39,004551	0,003744	391	38,971281	0,002888
352	39,007455	0,003819	392	38,985822	0,003262
353	39,051952	0,004964	393	39,053546	0,005005
354	39,029645	0,004390	394	39,016342	0,004048
355	39,064686	0,005292	395	39,070170	0,005433
356	39,033241	0,004482	396	39,015672	0,004030
357	39,059129	0,005149	397	39,068292	0,005384
358	39,022475	0,004205	398	39,009573	0,003873

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
399	39,056791	0,005089	439	39,028532	0,004361
400	38,995648	0,003515	440	39,039361	0,004640
401	39,038728	0,004624	441	39,020527	0,004155
402	38,976243	0,003016	442	39,028878	0,004370
403	39,013914	0,003985	443	39,006354	0,003791
404	38,952714	0,002410	444	39,013218	0,003967
405	38,987985	0,003318	445	38,987780	0,003313
406	39,010243	0,003891	446	38,993676	0,003464
407	39,031673	0,004442	447	38,965678	0,002744
408	39,032479	0,004463	448	38,971084	0,002883
409	39,044235	0,004765	449	39,017104	0,004067
410	39,039219	0,004636	450	39,010641	0,003901
411	39,041143	0,004686	451	39,037023	0,004580
412	39,033606	0,004492	452	39,023911	0,004242
413	39,029329	0,004382	453	39,043208	0,004739
414	39,020498	0,004155	454	39,023142	0,004223
415	39,011612	0,003926	455	39,038317	0,004613
416	39,002194	0,003684	456	39,014518	0,004001
417	38,987534	0,003306	457	39,026812	0,004317
418	38,979845	0,003108	458	38,998184	0,003580
419	38,962443	0,002661	459	39,010417	0,003895
420	38,991451	0,003407	460	38,980713	0,003131
421	39,039773	0,004651	461	38,990437	0,003381
422	39,020316	0,004150	462	38,960039	0,002599
423	39,056113	0,005071	463	38,967622	0,002794
424	39,024887	0,004268	464	39,010699	0,003902
425	39,055263	0,005049	465	39,014203	0,003993
426	39,015075	0,004015	466	39,037434	0,004590
427	39,045357	0,004794	467	39,018474	0,004102
428	39,002746	0,003698	468	39,042399	0,004718
429	39,029540	0,004387	469	39,016982	0,004064
430	38,985322	0,003249	470	39,037657	0,004596
431	39,009220	0,003864	471	39,007960	0,003832
432	38,964048	0,002702	472	39,026801	0,004317
433	38,985512	0,003254	473	38,993828	0,003468
434	38,982781	0,003184	474	39,009552	0,003873
435	39,016419	0,004050	475	38,975890	0,003007
436	39,032521	0,004464	476	38,991302	0,003403
437	39,032898	0,004474	477	38,954976	0,002468
438	39,042356	0,004717	478	38,970297	0,002863

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
479	39,003250	0,003711	492	38,966209	0,002757
480	39,009022	0,003859	493	38,960580	0,002613
481	39,028499	0,004360	494	39,000817	0,003648
482	39,021856	0,004190	495	38,997693	0,003568
483	39,032780	0,004471	496	39,032396	0,004461
484	39,021610	0,004183	497	39,004850	0,003752
485	39,027682	0,004339	498	39,039791	0,004651
486	39,014063	0,003989	499	39,005685	0,003773
487	39,014146	0,003991	500	39,037175	0,004584
488	39,001550	0,003667	501	38,998906	0,003599
489	38,999415	0,003612	502	39,028454	0,004359
490	38,985334	0,003250	503	38,987068	0,003294
491	38,981329	0,003147	504	39,013307	0,003970

Lampiran 5. Harga Opsi *Up and Out Call* dan *Error* sebanyak 504 Partisi

<i>M</i>	Opsi <i>Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	Opsi <i>Call</i>	<i>Error</i>
1	0,000000	1,000000	40	1,950811	1,003188
2	5,023732	4,158614	41	1,572092	0,614301
3	0,000000	1,000000	42	1,877553	0,927964
4	3,767954	2,869120	43	1,507313	0,547783
5	0,000000	1,000000	44	1,776523	0,824221
6	2,826004	1,901879	45	1,469476	0,508930
7	0,000000	1,000000	46	1,710720	0,756651
8	3,297027	2,385549	47	1,410012	0,447869
9	0,000000	1,000000	48	1,622842	0,666414
10	2,590532	1,660085	49	1,374479	0,411382
11	2,932751	2,011493	50	1,541945	0,583344
12	2,104813	1,161325	51	1,320526	0,355980
13	2,283379	1,344686	52	1,504111	0,544495
14	1,915923	0,967364	53	1,301378	0,336319
15	2,005916	1,059773	54	1,451213	0,490177
16	1,743897	0,790719	55	1,285071	0,319574
17	1,889074	0,939794	56	1,423949	0,462180
18	1,586973	0,629582	57	1,272151	0,306307
19	1,659325	0,703877	58	1,416770	0,454809
20	1,519340	0,560132	59	1,240232	0,273531
21	1,468839	0,508276	60	1,369161	0,405922
22	1,382931	0,420061	61	1,241970	0,275315
23	1,388549	0,425830	62	1,347349	0,383524
24	1,322148	0,357647	63	1,209668	0,242147
25	1,313929	0,349207	64	1,315650	0,350974
26	1,211490	0,244017	65	1,199198	0,231396
27	1,306146	0,341214	66	1,297846	0,332692
28	1,170974	0,202413	67	1,202383	0,234666
29	1,313856	0,349132	68	1,255236	0,288937
30	1,110751	0,140574	69	1,170631	0,202061
31	1,275160	0,309397	70	1,254040	0,287709
32	1,128666	0,158969	71	1,167540	0,198887
33	1,401663	0,439296	72	1,250140	0,283705
34	1,195991	0,228102	73	1,145769	0,176532
35	1,355235	0,391622	74	1,210203	0,242695
36	1,164923	0,196200	75	1,149699	0,180567
37	1,677489	0,722528	76	1,229148	0,262150
38	2,066010	1,121480	77	1,166233	0,197546
39	1,640782	0,684836	78	1,267408	0,301437

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
79	1,143924	0,174637	119	1,250200	0,283767
80	1,241578	0,274913	120	1,127237	0,157503
81	1,198540	0,230719	121	1,243318	0,276700
82	1,395918	0,433397	122	1,129580	0,159909
83	1,624707	0,668329	123	1,230077	0,263104
84	1,362426	0,399006	124	1,116548	0,146526
85	1,590297	0,632995	125	1,229395	0,262403
86	1,349411	0,385641	126	1,120026	0,150098
87	1,567704	0,609796	127	1,226097	0,259017
88	1,318329	0,353725	128	1,111501	0,141344
89	1,545781	0,587283	129	1,212269	0,244817
90	1,296863	0,331683	130	1,116304	0,146275
91	1,523829	0,564742	131	1,215977	0,248625
92	1,274908	0,309138	132	1,119425	0,149481
93	1,492308	0,532375	133	1,222440	0,255261
94	1,271417	0,305553	134	1,110069	0,139873
95	1,471424	0,510930	135	1,204323	0,236658
96	1,251542	0,285145	136	1,119874	0,149942
97	1,449242	0,488153	137	1,215487	0,248122
98	1,240259	0,273559	138	1,130595	0,160950
99	1,429115	0,467485	139	1,201460	0,233718
100	1,227032	0,259977	140	1,120589	0,150676
101	1,399857	0,437442	141	1,220257	0,253020
102	1,215853	0,248497	142	1,142338	0,173008
103	1,387699	0,424958	143	1,250605	0,284183
104	1,196502	0,228627	144	1,179806	0,211483
105	1,359466	0,395966	145	1,239952	0,273243
106	1,191260	0,223244	146	1,164922	0,196199
107	1,341808	0,377834	147	1,331957	0,367718
108	1,180991	0,212699	148	1,408689	0,446510
109	1,320588	0,356044	149	1,316536	0,351884
110	1,162122	0,193324	150	1,389469	0,426775
111	1,304233	0,339251	151	1,300345	0,335258
112	1,157412	0,188487	152	1,375470	0,412400
113	1,278444	0,312769	153	1,286375	0,320913
114	1,140751	0,171379	154	1,361340	0,397890
115	1,274249	0,308462	155	1,269029	0,303101
116	1,139729	0,170329	156	1,349650	0,385886
117	1,265031	0,298996	157	1,260405	0,294246
118	1,125653	0,155875	158	1,337113	0,373014

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
159	1,244729	0,278149	199	1,081496	0,110533
160	1,330668	0,366395	200	1,178576	0,210219
161	1,237181	0,270398	201	1,070088	0,098818
162	1,316480	0,351826	202	1,171623	0,203079
163	1,225824	0,258736	203	1,068924	0,097624
164	1,310566	0,345753	204	1,170928	0,202366
165	1,216111	0,248762	205	1,070735	0,099483
166	1,301894	0,336848	206	1,162972	0,194197
167	1,204763	0,237110	207	1,065317	0,093920
168	1,291955	0,326643	208	1,164519	0,195786
169	1,195531	0,227630	209	1,069187	0,097893
170	1,286547	0,321089	210	1,167835	0,199190
171	1,187591	0,219477	211	1,076522	0,105426
172	1,273246	0,307431	212	1,158059	0,189152
173	1,178694	0,210341	213	1,069294	0,098004
174	1,268060	0,302106	214	1,167205	0,198543
175	1,170109	0,201525	215	1,078220	0,107169
176	1,258131	0,291911	216	1,172238	0,203711
177	1,159199	0,190322	217	1,073019	0,101829
178	1,250469	0,284043	218	1,166710	0,198035
179	1,153800	0,184779	219	1,082417	0,111479
180	1,245742	0,279189	220	1,174879	0,206423
181	1,142990	0,173678	221	1,094374	0,123757
182	1,235680	0,268856	222	1,192740	0,224764
183	1,135197	0,165676	223	1,089160	0,118403
184	1,231216	0,264273	224	1,184585	0,216390
185	1,130120	0,160462	225	1,106247	0,135949
186	1,218449	0,251164	226	1,210233	0,242726
187	1,119675	0,149737	227	1,135247	0,165727
188	1,214386	0,246991	228	1,278479	0,312805
189	1,112740	0,142616	229	1,127224	0,157489
190	1,210775	0,243284	230	1,269758	0,303850
191	1,102363	0,131960	231	1,285831	0,320354
192	1,200645	0,232882	232	1,261696	0,295572
193	1,098168	0,127652	233	1,278157	0,312474
194	1,195092	0,227179	234	1,252721	0,286356
195	1,094507	0,123894	235	1,271240	0,305372
196	1,187375	0,219255	236	1,246816	0,280291
197	1,082191	0,111246	237	1,263309	0,297227
198	1,182445	0,214193	238	1,237912	0,271149

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
239	1,256535	0,290271	279	1,161079	0,192252
240	1,230191	0,263221	280	1,115673	0,145628
241	1,253440	0,287094	281	1,155402	0,186423
242	1,219779	0,252529	282	1,114792	0,144723
243	1,243877	0,277274	283	1,153664	0,184638
244	1,215655	0,248294	284	1,112428	0,142295
245	1,238983	0,272249	285	1,153882	0,184863
246	1,205379	0,237743	286	1,106248	0,135950
247	1,231269	0,264327	287	1,147932	0,178753
248	1,199635	0,231844	288	1,103021	0,132636
249	1,224858	0,257744	289	1,146957	0,177752
250	1,194056	0,226115	290	1,103933	0,133572
251	1,217289	0,249972	291	1,139880	0,170484
252	1,185703	0,217538	292	1,096409	0,125846
253	1,213036	0,245605	293	1,141698	0,172352
254	1,179709	0,211383	294	1,095212	0,124617
255	1,209120	0,241584	295	1,139937	0,170544
256	1,172163	0,203635	296	1,090067	0,119334
257	1,200798	0,233038	297	1,135430	0,165915
258	1,167897	0,199254	298	1,089249	0,118494
259	1,200148	0,232371	299	1,134098	0,164547
260	1,162439	0,193650	300	1,088505	0,117731
261	1,192372	0,224386	301	1,135981	0,166480
262	1,156916	0,187978	302	1,082512	0,111576
263	1,189548	0,221486	303	1,129984	0,160323
264	1,153309	0,184274	304	1,082404	0,111466
265	1,183433	0,215207	305	1,131215	0,161587
266	1,146688	0,177476	306	1,084185	0,113294
267	1,179392	0,211057	307	1,127879	0,158161
268	1,143334	0,174031	308	1,076819	0,105730
269	1,178624	0,210269	309	1,128396	0,158692
270	1,136864	0,167387	310	1,080477	0,109487
271	1,172667	0,204152	311	1,131447	0,161825
272	1,132454	0,162860	312	1,081933	0,110982
273	1,170550	0,201979	313	1,126829	0,157083
274	1,132447	0,162852	314	1,077451	0,106379
275	1,163357	0,194592	315	1,131296	0,161671
276	1,124696	0,154893	316	1,080149	0,109150
277	1,164265	0,195524	317	1,137616	0,168160
278	1,122137	0,152265	318	1,087010	0,116195

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
319	1,132855	0,163271	359	1,154483	0,185479
320	1,081361	0,110394	360	1,155173	0,186188
321	1,141974	0,172635	361	1,152213	0,183149
322	1,090460	0,119737	362	1,148606	0,179445
323	1,154219	0,185209	363	1,146063	0,176834
324	1,104287	0,133936	364	1,148013	0,178836
325	1,147969	0,178791	365	1,143861	0,174573
326	1,097793	0,127268	366	1,144698	0,175432
327	1,170438	0,201863	367	1,138704	0,169277
328	1,117666	0,147674	368	1,140976	0,171610
329	1,216509	0,249171	369	1,135772	0,166267
330	1,226235	0,259158	370	1,138668	0,169240
331	1,212761	0,245323	371	1,132748	0,163161
332	1,221963	0,254771	372	1,134156	0,164607
333	1,209049	0,241511	373	1,127705	0,157983
334	1,215779	0,248422	374	1,131912	0,162303
335	1,204787	0,237134	375	1,124971	0,155175
336	1,211454	0,243981	376	1,129996	0,160335
337	1,200155	0,232378	377	1,120864	0,150958
338	1,205358	0,237721	378	1,126424	0,156667
339	1,195733	0,227837	379	1,117524	0,147529
340	1,201337	0,233592	380	1,124772	0,154971
341	1,191191	0,223174	381	1,117324	0,147323
342	1,198190	0,230360	382	1,119767	0,149831
343	1,184830	0,216641	383	1,111869	0,141721
344	1,191161	0,223142	384	1,119944	0,150013
345	1,183480	0,215255	385	1,110016	0,139819
346	1,187148	0,219022	386	1,118372	0,148399
347	1,179080	0,210737	387	1,108899	0,138672
348	1,182252	0,213995	388	1,115336	0,145281
349	1,174692	0,206231	389	1,104625	0,134283
350	1,178319	0,209955	390	1,114206	0,144122
351	1,170377	0,201801	391	1,103659	0,133291
352	1,174340	0,205870	392	1,113436	0,143331
353	1,166205	0,197517	393	1,100280	0,129822
354	1,168488	0,199861	394	1,111300	0,141137
355	1,162835	0,194056	395	1,098809	0,128311
356	1,164779	0,196052	396	1,110521	0,140338
357	1,157615	0,188696	397	1,097769	0,127243
358	1,158843	0,189957	398	1,107666	0,137405

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
399	1,093588	0,122950	439	1,086963	0,116147
400	1,106328	0,136031	440	1,115250	0,145193
401	1,094174	0,123551	441	1,094628	0,124018
402	1,106871	0,136589	442	1,125952	0,156182
403	1,089231	0,118476	443	1,089673	0,118929
404	1,103913	0,133552	444	1,121989	0,152113
405	1,089299	0,118546	445	1,099934	0,129467
406	1,103970	0,133610	446	1,136660	0,167179
407	1,088603	0,117831	447	1,114881	0,144814
408	1,103944	0,133584	448	1,172425	0,203903
409	1,086183	0,115346	449	1,110782	0,140605
410	1,101151	0,130716	450	1,169584	0,200986
411	1,086022	0,115180	451	1,191716	0,223712
412	1,102192	0,131785	452	1,165544	0,196837
413	1,085789	0,114942	453	1,187897	0,219791
414	1,098724	0,128223	454	1,163128	0,194357
415	1,082579	0,111646	455	1,184061	0,215852
416	1,099873	0,129404	456	1,160578	0,191738
417	1,082769	0,111841	457	1,180287	0,211976
418	1,101032	0,130594	458	1,157329	0,188402
419	1,084812	0,113938	459	1,177109	0,208713
420	1,097983	0,127463	460	1,154897	0,185905
421	1,079934	0,108929	461	1,175505	0,207067
422	1,100191	0,129730	462	1,150496	0,181386
423	1,082348	0,111408	463	1,170610	0,202040
424	1,102192	0,131785	464	1,149960	0,180835
425	1,083664	0,112759	465	1,167862	0,199218
426	1,098973	0,128479	466	1,147022	0,177819
427	1,080475	0,109484	467	1,164270	0,195529
428	1,102276	0,131871	468	1,144003	0,174718
429	1,082174	0,111230	469	1,162253	0,193459
430	1,105080	0,134751	470	1,141758	0,172413
431	1,078348	0,107300	471	1,158099	0,189193
432	1,102224	0,131818	472	1,138223	0,168783
433	1,082542	0,111607	473	1,156148	0,187190
434	1,105856	0,135547	474	1,136649	0,167166
435	1,085732	0,114883	475	1,152942	0,183898
436	1,111791	0,141642	476	1,133748	0,164188
437	1,082564	0,111629	477	1,149554	0,180419
438	1,108445	0,138205	478	1,131579	0,161961

<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Call</i>	<i>Error</i>
479	1,147100	0,177899	492	1,115690	0,145645
480	1,129599	0,159927	493	1,128313	0,158607
481	1,144327	0,175051	494	1,113241	0,143131
482	1,126138	0,156374	495	1,126666	0,156916
483	1,141268	0,171910	496	1,110395	0,140208
484	1,125311	0,155524	497	1,122882	0,153030
485	1,139503	0,170098	498	1,108517	0,138280
486	1,121210	0,151313	499	1,120654	0,150742
487	1,136179	0,166684	500	1,107489	0,137224
488	1,119872	0,149939	501	1,119181	0,149230
489	1,133936	0,164381	502	1,104467	0,134121
490	1,117909	0,147924	503	1,115355	0,145301
491	1,129950	0,160288	504	1,102877	0,132488

Lampiran 6. Harga Opsi *Up and Out Put* dan *Error* sebanyak 504 Partisi

<i>M</i>	Opsi <i>Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	Opsi <i>Put</i>	<i>Error</i>
1	49,073262	0,418935	40	36,626202	0,059033
2	41,074630	0,187657	41	36,567761	0,057343
3	38,182855	0,104043	42	36,607570	0,058494
4	41,798349	0,208583	43	36,384722	0,052050
5	39,669865	0,147039	44	36,387732	0,052138
6	40,776151	0,179027	45	36,309533	0,049876
7	39,650070	0,146467	46	36,265555	0,048605
8	39,453672	0,140788	47	36,090044	0,043530
9	38,231240	0,105442	48	36,023588	0,041608
10	38,137252	0,102724	49	35,945661	0,039355
11	36,956197	0,068574	50	35,781660	0,034613
12	36,904234	0,067072	51	35,711791	0,032593
13	35,803680	0,035250	52	35,843625	0,036405
14	37,592522	0,086974	53	35,773822	0,034387
15	36,544854	0,056681	54	35,891478	0,037789
16	37,792378	0,092752	55	36,115562	0,044268
17	37,594574	0,087033	56	35,977447	0,040274
18	37,696635	0,089984	57	36,179572	0,046119
19	37,326023	0,079268	58	36,258933	0,048413
20	37,857348	0,094631	59	36,177471	0,046058
21	36,979243	0,069241	60	36,223906	0,047401
22	37,416695	0,081890	61	36,360374	0,051346
23	36,822443	0,064707	62	36,192483	0,046492
24	37,133627	0,073705	63	36,293613	0,049416
25	36,438443	0,053604	64	36,263331	0,048541
26	36,640317	0,059441	65	36,231355	0,047616
27	36,132137	0,044747	66	36,178680	0,046093
28	36,232518	0,047650	67	36,264801	0,048583
29	35,751633	0,033745	68	36,070123	0,042954
30	36,387917	0,052143	69	36,151035	0,045293
31	35,961961	0,039826	70	36,054836	0,042512
32	36,553996	0,056945	71	36,038071	0,042027
33	36,646347	0,059615	72	35,928969	0,038873
34	36,607618	0,058495	73	35,989343	0,040618
35	36,655069	0,059867	74	35,795629	0,035017
36	36,921529	0,067572	75	35,856989	0,036791
37	36,602818	0,058357	76	35,723085	0,032919
38	36,788302	0,063720	77	35,719791	0,032824
39	36,733212	0,062127	78	35,580323	0,028792

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
79	35,634068	0,030346	119	35,585209	0,028933
80	35,582085	0,028843	120	35,590776	0,029094
81	35,731278	0,033156	121	35,588311	0,029023
82	35,577824	0,028719	122	35,625064	0,030085
83	35,787690	0,034788	123	35,677105	0,031590
84	35,588690	0,029034	124	35,621967	0,029996
85	35,799431	0,035127	125	35,696747	0,032158
86	35,786718	0,034759	126	35,642296	0,030583
87	35,838772	0,036265	127	35,683709	0,031781
88	35,780443	0,034578	128	35,708912	0,032510
89	35,965401	0,039926	129	35,686483	0,031861
90	35,794117	0,034973	130	35,710795	0,032564
91	35,968544	0,040017	131	35,733638	0,033225
92	35,775742	0,034442	132	35,685622	0,031836
93	35,934280	0,039026	133	35,721251	0,032866
94	35,877020	0,037370	134	35,718202	0,032778
95	35,914872	0,038465	135	35,684463	0,031803
96	35,834982	0,036155	136	35,699492	0,032237
97	35,952924	0,039565	137	35,661766	0,031146
98	35,805901	0,035314	138	35,659003	0,031067
99	35,909190	0,038301	139	35,671010	0,031414
100	35,825512	0,035881	140	35,631348	0,030267
101	35,841820	0,036353	141	35,637138	0,030434
102	35,776220	0,034456	142	35,632083	0,030288
103	35,849855	0,036585	143	35,585949	0,028954
104	35,706741	0,032447	144	35,594876	0,029212
105	35,770181	0,034281	145	35,587716	0,029005
106	35,702322	0,032319	146	35,541897	0,027681
107	35,700066	0,032254	147	35,530441	0,027349
108	35,633370	0,030325	148	35,536877	0,027535
109	35,663989	0,031211	149	35,483044	0,025979
110	35,551170	0,027949	150	35,478626	0,025851
111	35,584098	0,028901	151	35,456943	0,025224
112	35,518253	0,026997	152	35,429554	0,024432
113	35,492916	0,026264	153	35,421407	0,024197
114	35,470650	0,025620	154	35,417175	0,024074
115	35,557326	0,028127	155	35,392085	0,023349
116	35,493717	0,026287	156	35,397851	0,023515
117	35,555000	0,028059	157	35,411323	0,023905
118	35,488196	0,026128	158	35,436181	0,024624

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
159	35,399827	0,023573	199	35,328093	0,021498
160	35,465270	0,025465	200	35,335704	0,021719
161	35,424687	0,024291	201	35,299079	0,020660
162	35,460915	0,025339	202	35,339948	0,021841
163	35,480414	0,025903	203	35,287155	0,020315
164	35,486538	0,026080	204	35,351329	0,022170
165	35,479996	0,025891	205	35,295998	0,020570
166	35,486741	0,026086	206	35,348714	0,022095
167	35,492419	0,026250	207	35,294425	0,020525
168	35,537817	0,027563	208	35,361293	0,022458
169	35,486923	0,026091	209	35,329367	0,021535
170	35,551315	0,027953	210	35,361613	0,022468
171	35,546848	0,027824	211	35,351166	0,022166
172	35,536660	0,027529	212	35,354720	0,022268
173	35,533461	0,027437	213	35,345978	0,022016
174	35,542051	0,027685	214	35,415237	0,024018
175	35,517246	0,026968	215	35,363982	0,022536
176	35,570502	0,028508	216	35,406790	0,023774
177	35,510644	0,026777	217	35,398208	0,023526
178	35,550754	0,027937	218	35,419678	0,024147
179	35,533114	0,027427	219	35,395109	0,023436
180	35,543669	0,027732	220	35,408530	0,023824
181	35,518521	0,027005	221	35,399905	0,023575
182	35,555645	0,028078	222	35,440092	0,024737
183	35,490495	0,026194	223	35,393239	0,023382
184	35,540720	0,027646	224	35,439616	0,024723
185	35,473476	0,025702	225	35,415597	0,024029
186	35,507062	0,026673	226	35,428332	0,024397
187	35,473944	0,025716	227	35,418139	0,024102
188	35,486929	0,026091	228	35,428472	0,024401
189	35,438697	0,024697	229	35,400540	0,023593
190	35,484762	0,026028	230	35,441510	0,024778
191	35,411434	0,023908	231	35,398621	0,023538
192	35,456636	0,025215	232	35,424280	0,024280
193	35,402818	0,023659	233	35,408487	0,023823
194	35,417837	0,024093	234	35,413233	0,023960
195	35,372378	0,022779	235	35,390172	0,023293
196	35,413747	0,023975	236	35,421347	0,024195
197	35,328947	0,021523	237	35,377734	0,022934
198	35,371425	0,022751	238	35,406080	0,023753

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
239	35,356768	0,022328	279	35,338992	0,021814
240	35,382563	0,023073	280	35,324706	0,021401
241	35,370113	0,022713	281	35,332163	0,021616
242	35,354528	0,022263	282	35,344277	0,021966
243	35,342440	0,021913	283	35,331573	0,021599
244	35,362424	0,022491	284	35,341612	0,021889
245	35,326564	0,021454	285	35,348553	0,022090
246	35,331841	0,021607	286	35,330747	0,021575
247	35,319297	0,021244	287	35,343754	0,021951
248	35,312564	0,021049	288	35,315138	0,021124
249	35,291380	0,020437	289	35,332528	0,021627
250	35,303988	0,020801	290	35,336322	0,021736
251	35,271842	0,019872	291	35,315486	0,021134
252	35,282327	0,020175	292	35,317715	0,021198
253	35,270133	0,019823	293	35,333986	0,021669
254	35,272922	0,019903	294	35,302930	0,020771
255	35,260706	0,019550	295	35,315104	0,021123
256	35,274968	0,019962	296	35,312949	0,021061
257	35,245005	0,019096	297	35,308024	0,020918
258	35,271338	0,019857	298	35,295755	0,020563
259	35,284292	0,020232	299	35,287603	0,020328
260	35,262379	0,019598	300	35,282628	0,020184
261	35,276029	0,019993	301	35,289300	0,020377
262	35,276417	0,020004	302	35,263557	0,019632
263	35,277680	0,020041	303	35,275098	0,019966
264	35,299462	0,020671	304	35,258665	0,019491
265	35,286557	0,020297	305	35,255586	0,019402
266	35,298777	0,020651	306	35,245774	0,019118
267	35,281692	0,020157	307	35,260035	0,019531
268	35,307693	0,020909	308	35,221038	0,018403
269	35,313510	0,021077	309	35,236994	0,018864
270	35,305897	0,020857	310	35,224077	0,018491
271	35,320252	0,021272	311	35,219173	0,018349
272	35,298998	0,020657	312	35,209429	0,018067
273	35,319460	0,021249	313	35,223420	0,018472
274	35,339901	0,021840	314	35,203041	0,017883
275	35,310786	0,020998	315	35,210259	0,018091
276	35,329507	0,021539	316	35,189212	0,017483
277	35,349081	0,022105	317	35,218857	0,018340
278	35,324790	0,021403	318	35,194399	0,017633

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
319	35,211872	0,018138	359	35,251986	0,019298
320	35,190301	0,017514	360	35,215667	0,018248
321	35,223335	0,018469	361	35,248318	0,019192
322	35,203862	0,017906	362	35,199244	0,017773
323	35,217972	0,018314	363	35,231618	0,018709
324	35,217786	0,018309	364	35,210957	0,018111
325	35,210803	0,018107	365	35,226232	0,018553
326	35,210413	0,018096	366	35,195171	0,017655
327	35,246807	0,019148	367	35,223517	0,018475
328	35,211126	0,018116	368	35,188316	0,017457
329	35,240152	0,018956	369	35,209401	0,018066
330	35,215738	0,018250	370	35,185767	0,017383
331	35,241010	0,018980	371	35,198219	0,017743
332	35,232965	0,018748	372	35,170612	0,016945
333	35,247302	0,019162	373	35,182860	0,017299
334	35,230411	0,018674	374	35,161916	0,016693
335	35,267289	0,019740	375	35,179489	0,017202
336	35,234925	0,018805	376	35,150393	0,016360
337	35,260965	0,019557	377	35,172439	0,016998
338	35,231052	0,018693	378	35,155576	0,016510
339	35,267541	0,019748	379	35,158427	0,016593
340	35,245032	0,019097	380	35,146716	0,016254
341	35,259901	0,019527	381	35,176470	0,017114
342	35,251190	0,019275	382	35,135840	0,015940
343	35,250024	0,019241	383	35,166164	0,016816
344	35,240297	0,018960	384	35,146947	0,016261
345	35,275758	0,019985	385	35,160240	0,016645
346	35,234914	0,018804	386	35,152360	0,016417
347	35,265763	0,019696	387	35,169202	0,016904
348	35,251674	0,019289	388	35,153483	0,016450
349	35,266977	0,019731	389	35,163932	0,016752
350	35,244311	0,019076	390	35,158246	0,016587
351	35,255644	0,019404	391	35,178359	0,017169
352	35,240681	0,018971	392	35,154865	0,016490
353	35,264837	0,019669	393	35,184659	0,017351
354	35,230469	0,018676	394	35,173129	0,017018
355	35,260235	0,019536	395	35,183520	0,017318
356	35,234533	0,018793	396	35,177711	0,017150
357	35,249310	0,019220	397	35,179637	0,017206
358	35,226921	0,018573	398	35,178914	0,017185

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
399	35,190353	0,017516	439	35,158865	0,016605
400	35,173134	0,017018	440	35,147381	0,016273
401	35,200286	0,017803	441	35,153938	0,016463
402	35,173905	0,017040	442	35,142645	0,016136
403	35,193236	0,017599	443	35,138792	0,016025
404	35,193573	0,017609	444	35,140169	0,016065
405	35,192742	0,017585	445	35,133800	0,015881
406	35,188802	0,017471	446	35,127842	0,015708
407	35,194026	0,017622	447	35,131768	0,015822
408	35,185994	0,017390	448	35,123576	0,015585
409	35,208893	0,018052	449	35,125878	0,015651
410	35,188661	0,017467	450	35,123542	0,015584
411	35,202339	0,017862	451	35,121291	0,015519
412	35,200987	0,017823	452	35,115558	0,015353
413	35,201612	0,017841	453	35,124029	0,015598
414	35,194090	0,017624	454	35,120066	0,015483
415	35,198053	0,017738	455	35,115751	0,015359
416	35,196843	0,017703	456	35,115736	0,015358
417	35,203822	0,017905	457	35,114779	0,015331
418	35,189035	0,017478	458	35,122870	0,015565
419	35,206610	0,017986	459	35,118530	0,015439
420	35,201428	0,017836	460	35,119365	0,015463
421	35,195729	0,017671	461	35,129133	0,015746
422	35,196176	0,017684	462	35,112879	0,015276
423	35,196999	0,017708	463	35,122570	0,015556
424	35,186715	0,017411	464	35,135788	0,015938
425	35,199489	0,017780	465	35,119498	0,015467
426	35,185784	0,017384	466	35,130884	0,015796
427	35,192267	0,017571	467	35,126450	0,015668
428	35,189070	0,017479	468	35,131998	0,015828
429	35,186320	0,017399	469	35,136470	0,015958
430	35,180028	0,017217	470	35,135456	0,015928
431	35,174742	0,017064	471	35,134812	0,015910
432	35,175123	0,017075	472	35,131947	0,015827
433	35,179006	0,017188	473	35,139721	0,016052
434	35,165184	0,016788	474	35,144504	0,016190
435	35,171338	0,016966	475	35,134186	0,015892
436	35,165410	0,016795	476	35,148525	0,016306
437	35,161544	0,016683	477	35,134010	0,015887
438	35,160541	0,016654	478	35,147079	0,016265

<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>	<i>M</i>	<i>Opsi Put</i>	<i>Error</i>
479	35,141526	0,016104	492	35,157636	0,016570
480	35,143427	0,016159	493	35,142804	0,016141
481	35,148099	0,016294	494	35,149653	0,016339
482	35,150138	0,016353	495	35,149920	0,016347
483	35,141622	0,016107	496	35,149025	0,016321
484	35,156852	0,016547	497	35,142345	0,016128
485	35,140579	0,016077	498	35,143765	0,016169
486	35,149670	0,016339	499	35,139362	0,016041
487	35,152841	0,016431	500	35,148120	0,016295
488	35,148349	0,016301	501	35,134787	0,015909
489	35,147218	0,016268	502	35,147571	0,016279
490	35,147899	0,016288	503	35,135903	0,015941
491	35,142534	0,016133	504	35,139476	0,016045

Lampiran 7. Script Perhitungan Harga Opsi *Barrier*

```

% Input Data
S0 = 406.35; % Harga awal
K = 410; % Strike price
B = 467.56; % Barrier (467.56 untuk up-and-out dan 214,25 untuk down-and-out)
r = 0.001; % Suku bunga bebas risiko
T = 1; % Waktu jatuh tempo
sig = 0.243; % Volatilitas
M = 504; % Jumlah partisi waktu

% Pilih Tipe Opsi
option = menu('Pilih Opsi:', 'Opsi Call', 'Opsi Put');
option = option - 1; % Kurangi 1 untuk penyesuaian tipe

% Pilih Tipe Barrier (hanya Up-and-Out dan Down-and-Out)
barrier_type = menu('Pilih Tipe Barrier:', 'Down-and-Out', 'Up-and-Out');

% Cek opsi yang dipilih
switch option
case 0
    tipe = 1; % Call
    title_str = 'Opsi Call Barrier';
case 1
    tipe = 2; % Put
    title_str = 'Opsi Put Barrier';
end

% Array untuk menyimpan nilai opsi
h = zeros(M, 1);

for m = 1:M
    % Menghitung Parameter CRR Tree
    deltaT = T / m;
    X = exp(r * deltaT);
    Y = exp((sig^2) * deltaT);
    u = ((X * Y) / 2) * ((Y + 1) + sqrt((Y^2) + (2 * Y) - 3));
    d = ((X * Y) / 2) * ((Y + 1) - sqrt((Y^2) + (2 * Y) - 3));
    p = (X - d) / (u - d);

    % Perhitungan Harga Saham dengan pengecekan Barrier
    S = zeros(m+1, m+1);
    S(1, 1) = S0;

    for i = 1:m+1
        for j = 1:i
            S(j, i) = S0 * u^(j-1) * d^(i-j);

```

```

% Cek apakah harga saham sudah melewati barrier
if barrier_type == 1 % Down-and-Out
    if S(j, i) <= B
        S(j, i) = 0; % Harga saham terhenti karena barrier
    end
elseif barrier_type == 2 % Up-and-Out
    if S(j, i) >= B
        S(j, i) = 0; % Harga saham terhenti karena barrier
    end
end
end
end

% Menghitung Payoff dengan Kondisi Barrier
V = zeros(m+1, m+1);
for j = 1:m+1
    if S(j, m+1) > 0 % Pastikan harga saham tidak terhenti karena barrier
        if tipe == 1 % Call
            payoff = max(S(j, m+1) - K, 0);
        else % Put
            payoff = max(K - S(j, m+1), 0);
        end
        V(j, m+1) = payoff;
    else
        V(j, m+1) = 0; % Opsi menjadi nol jika harga saham menyentuh barrier
    end
end

% Backward Induction
for i = m:-1:1
    for j = 1:i
        if S(j, i) == 0 % Jika harga saham sudah nol (terkena barrier)
            V(j, i) = 0; % Opsi juga menjadi nol
        else
            V(j, i) = exp(-r * deltaT) * (p * V(j+1, i+1) + (1-p) * V(j, i+1));
        end
    end
end

% Simpan nilai opsi untuk partisi ini
h(m, 1) = V(1, 1);
end

% Parameter Metode Black-Scholes
g = 0; % Dividend yield (diasumsikan 0)
d1 = (log(S0/K) + (r + (sig^2)/2)*T) / (sig*sqrt(T));

```

```

d2 = d1 - sig*sqrt(T);

lambda = (r - g+((sig^2)/2))/(sig^2);
y = log(B^2/(S0*K))/(sig*sqrt(T)) + lambda*sig*sqrt(T);
x1 = log(S0/B)/(sig*sqrt(T)) + lambda*sig*sqrt(T);
y1 = log(B/S0)/(sig*sqrt(T)) + lambda*sig*sqrt(T);

A = S0*exp(-g*T)*(B/S0)^(2*lambda);
B1 = K*exp(-r*T)*(B/S0)^(2*lambda-2);
C1 = S0*exp(-g*T);
D = K*exp(-r*T);

E = y - sig*sqrt(T);
F = y1 - sig*sqrt(T);
G = x1 - sig*sqrt(T);

% Opsi Call dan Put pada Opsi Eropa
CE = S0*normcdf(d1) - K*exp(-r*T)*normcdf(d2);
PE = K*exp(-r*T)*normcdf(-d2) - S0*normcdf(-d1);

% Inisialisasi BS_price dengan nilai default
BS_price = NaN;

% Perhitungan Metode Black-Scholes
if barrier_type == 1 % Down-and-Out
    if option == 0 % Call
        if B >= K
            BS_price = C1*normcdf(x1) - D*normcdf(G) - A*normcdf(y1) +
B1*normcdf(F);
        else
            BS_price = CE - (A*normcdf(y) - B1*normcdf(E));
        end
    elseif option == 1 % Put
        if B >= K
            BS_price = 0;
        else
            BS_price = PE - (-C1*normcdf(-x1) + D*normcdf(-G) + A*(normcdf(y)
- normcdf(y1)) - B1*(normcdf(E) - normcdf(F)));
        end
    end
elseif barrier_type == 2 % Up-and-Out
    if option == 0 % Call
        if B <= K
            BS_price = 0;
        else
            BS_price = CE - (C1*normcdf(x1) - D*normcdf(G) - A*(normcdf(-y) -
normcdf(-y1)) + B1*(normcdf(-E) - normcdf(-F)));
        end
    end

```

```

elseif option == 1 % Put
    if B <= K
        BS_price = -C1*normcdf(-x1) + D*normcdf(-G) + A*normcdf(-y1) -
        B1*normcdf(-F);
    else
        BS_price = PE - (-A*normcdf(-y) + B1*normcdf(-E));
    end
end
end

% Inisialisasi array untuk menyimpan galat relatif
rel_error = zeros(M, 1);

% Hitung galat relatif untuk setiap partisi
for i = 1:M
    rel_error(i) = abs(h(i) - BS_price) / abs(BS_price);
end

% Tampilkan tabel partisi harga opsi dan galat relatif
fprintf('\n');
fprintf('===== Tabel Partisi Harga Opsi =====\n');
fprintf('Partisi\t Harga Opsi\t Galat Relatif\n');
for i = 1:M
    fprintf('%d\t %f\t %f\n', i, h(i), rel_error(i));
end
fprintf('Harga opsi barrier (Black-Scholes): %.4f\n', BS_price);

% Hitung MAPE dari galat relatif
MAPE = (sum(rel_error) / M) * 100;
fprintf('\nMean Absolute Percentage Error (MAPE): %.4f%%\n', MAPE);

% Plot 1: Harga Opsi Tian Tree untuk Semua Partisi
figure;
plot(1:M, h, '-*c', 'DisplayName', ['Opsi ', title_str, ' (Tian Tree)']);
xlabel('Partisi');
ylabel('Harga Opsi');
title('Harga Opsi Up and Out Call Metode Tian Tree');
legend('show');
grid on;

% Plot 2: Harga Opsi Tian Tree dan Black-Scholes
figure;
plot(1:M, h, '-*c', 'DisplayName', ['Opsi ', title_str, ' (Tian Tree)']);
hold on;
plot(1:M, ones(M, 1) * BS_price, '-m', 'DisplayName', ['Opsi ', title_str, ' (Black-Scholes)']);
xlabel('Partisi');
ylabel('Nilai Opsi');

```

```
title('Konvergensi Harga Opsi Up and Out Call Metode Tian Tree terhadap  
Black-Scholes');  
legend('show');  
grid on;  
  
% Plot 3: Galat Relatif Tian Tree terhadap Black-Scholes  
figure;  
plot(1:M, rel_error, '-*y', 'DisplayName', 'Galat Relatif');  
xlabel('Partisi');  
ylabel('Galat Relatif');  
title('Nilai Error Harga Opsi Up and Out Call Metode Tian Tree terhadap Black-  
Scholes');  
legend('show');  
grid on;
```

RIWAYAT HIDUP



Alfi Mabruroh atau lebih dikenal Alfi, lahir di Kabupaten Gresik pada 03 Oktober 2003. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan alm. Bapak Slamet dan Ibu Hanik Mafruha serta adik dari Roudhotul Jannah dan Khoirun Nisa. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari TK/RA Muslimat NU yang lulus pada tahun 2009, dilanjutkan menempuh pendidikan sekolah dasar di MI Tarbiyatus Shibyan Sidorejo dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTS Tarbiyatus Shibyan Sidorejo dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya menempuh pendidikan sekolah menengah atas di MA Tarbiyatus Shibyan Sidorejo dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan. Penulis bergabung dalam organisasi daerah yaitu PERMAGRES selama satu periode sebagai anggota Divisi Pendidikan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Penulis juga pernah mengikuti UKM Unior selama satu periode sebagai anggota Divisi Hubungan Masyarakat cabang PBV. Selain itu, penulis juga mengikuti kegiatan di luar kampus seperti seminar, dll.



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	:	Alfi Mabruroh
NIM	:	210601110052
Fakultas / Jurusan	:	Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi	:	Perhitungan Harga Opsi <i>Barrier</i> Tipe Eropa Menggunakan Metode Binomial <i>Tian Tree</i>
Pembimbing I	:	Abdul Aziz, M.Si.
Pembimbing II	:	Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	10 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	1.
2.	15 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	2.
3.	17 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	3.
4.	22 Oktober 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	4.
5.	28 Oktober 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab II	5.
6.	29 Oktober 2024	ACC Bab I, II, dan III	6.
7.	30 Oktober 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab II	7.
8.	31 Oktober 2024	ACC Kajian Agama Bab I dan II	8.
9.	5 November 2024	ACC Seminar Proposal	9.
10.	15 Januari 2025	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	10.
11.	30 Januari 2025	Konsultasi Bab IV	11.
12.	12 Februari 2025	Konsultasi Bab IV	12.
13.	16 Februari 2025	Konsultasi Bab IV	13.
14.	20 Februari 2025	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	14.
15.	7 Maret 2025	ACC Bab IV dan V	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.	7 Maret 2025	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	16.
17.	11 Maret 2025	ACC Kajian Agama Bab IV	17.
18.	13 Maret 2025	ACC Seminar Hasil	18.
19.	2 Mei 2025	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	19.
20.	6 Mei 2025	ACC Sidang Skripsi	20.
21.	2 Juni 2025	ACC Keseluruhan	21.

Malang, 2 Juni 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005