PENENTUAN HARGA OPSI AMERIKA DENGAN VOLATILITAS MODEL GARCH

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika
Dalam Ilmu Matematika

Oleh : **DELLA AGUSTINA**

NIM : 2008046010

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Della Agustina
NIM	: 2008046010
Jurusan/Program Studi	: Matematika/Matematika

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

PENENTUAN HARGA OPSI AMERIKA DENGAN VOLATILITAS MODEL GARCH

secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 20 Juni 2025

Pembuat pernyataan,



Della Agustina

NIM : 2008046010

KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : **PENENTUAN HARGA OPSI AMERIKA DENGAN VOLATILITAS MODEL GARCH**

Penulis : Della Agustina

NIM : 2008046010

Jurusan : Matematika Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 26 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Zulaikha, M.Si
NIP : 19920409201903202?

Penguji II,

Eva Khoirun Nisa, M.Si
NIP : 198701022019032010

Penguji III,

Agus Wayan Yulianto, M.Sc
NIP : 198907162019031007

Penguji IV,

Emy Siswanah, M.Sc
NIP : 198702022011012014

Pembimbing

Emy Siswanah, M.Sc.
NIP : 198702022011012014

NOTA DINAS

Semarang, 19 Juni 2025

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul	: PENENTUAN HARGA OPSI AMERIKA DENGAN VOLATILITAS MODEL GARCH
Nama	: Della Agustina
NIM	: 2008046010
Jurusan	: Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing,

Emy Siswanah, M.Sc
NIP : 198702022011012014

ABSTRAK

Opsi adalah jenis aset derivatif yang menarik perhatian investor. Opsi dapat dibagi menjadi dua jenis, opsi gaya vanilla meliputi opsi Asia, opsi eksotis meliputi opsi Amerika dan Eropa. Opsi Amerika sendiri paling banyak dipedagangkan pada bursa opsi saham dikarenakan waktu penggunaan opsi yang fleksibel sehingga memungkinkan investor memperoleh keuntungan yang lebih besar. Dalam penelitian ini, penentuan harga opsi Amerika dengan menggunakan volatilitas model GARCH bertujuan untuk mengetahui bagaimana perhitungan harga opsi *call* dan opsi *put* tipe Amerika dengan menggunakan volatilitas model GARCH. Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data saham Microsoft Corporation. Data harga saham harian digunakan untuk menentukan return. Nilai return yang telah stationer kemudian dicari model terbaiknya yaitu ARMA(0,1) dan GARCH(1,2) setelah itu dihitung nilai volatilitasnya. Selanjutnya dapat dilanjutkan proses perhitungan harga opsi model binomial. Dalam menentukan harga opsi dibutuhkan beberapa parameter, yaitu harga saham awal (S_0), harga kesepakatan atau harga kontrak (K),volatilitas (σ), suku bunga bebas resiko (r), waktu jatuh tempo (T), faktor kenaikan saham (u), faktor penurunan (d), peluang harga naik (p), peluang harga turun (1-p). Berdasarkan harga opsi *call* dan *put* tipe Amerika dengan volatilitas model GARCH didapatkan nilai rata-rata MAPE sebesar *call*=1,134% dan *put*=0,128% dimana nilainya kurang dari 10% menunjukkan bahwa model ini sangat akurat dalam meramalkan harga opsi *call* dan *put* tipe Amerika.

Kata kunci: *Opsi Call, Opsi Put, Opsi tipe Amerika, GARCH, Model Binomial*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat iman, islam dan kesehatan yang telah di berikan. Sholawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad Saw beserta keluarga dan para sahabat yang telah membawa zaman rahmatan lilalamin. Alhamdulillahi rabbil alamin atas nikmat dan karunia-Nya yang tak terhingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**PENENTUAN HARGA OPSI AMERIKA DENGAN VOLATILITAS MODEL GARCH**".

Penulis menyadari bahwa selama penelitian ini tak terlepas dari bantuan berbagai pihak terutama Bapak dan Ibu tercinta, terimakasih atas kasih sayang tulus yang telah dicurahkan kepada penulis sehingga penelitian ini dapat selesai. Oleh karena itu segala do'a dan ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
2. Any Muanalifah, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

3. Emy Siswanah, M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah dengan tulus membimbing penulis dalam proses menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Matematika UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmunya melalui pengajaran dengan penuh kesabaran.
5. Bapak dan Ibu penulis yang telah memberikan seluruh kasih, cinta, serta materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan.
6. Keluarga besar terutama kakak yang telah senantiasa mendoakan penulis agar dapat menyelesaikan skripsi.
7. Jihan Nabila Wafa', selaku sahabat yang telah dengan tulus selalu membantu menyelesaikan masalah skripsi penulis mulai dari awal sampai skripsi ini selesai.
8. Sahabat dan teman-teman penulis yang mendorong serta memotivasi penulis agar dapat segera menyelesaikan skripsi.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, memotivasi dan mendoakan penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa lain yang sedang berjuang menyelesaikan skripsi.

Atas segala kekurangan dan kelemahan dalam skripsi ini penulis memohon maaf sebesar-besarnya, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini bias menjadi lebih baik lagi.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
PENGESAHAN iii
NOTA DINAS iv
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR BAGAN xv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Rumusan Masalah 5
C. Tujuan Penelitian 5
D. Manfaat Penelitian 6
BAB II 7
LANDASAN PUSTAKA 7
A. Opsi 7
B. Faktor yang Mempengaruhi Harga Opsi 11
C. Return 14
D. Deret Waktu 15

E. Stationeritas Data 16
F. *Auto Regressive Interated Moving Avarage* (ARIMA) 24
G. Volatilitas 33
H. Uji Lagrange *Multiplier* 38
I. GARCH 39
J. Model Binomial 42
K. Opsi Amerika 55
L. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 57
M. Penelitian Terdahulu 60
BAB III 67
METODE PENELITIAN 67
A. Jenis Penelitian 67
B. Sumber Data 67
C. Diagram Penelitian 68
D. Analisis Data 69
BAB IV 75
PEMBAHASAN 75
A. Hasil Penelitian 75
B. Pembahasan 118
BAB V 124
KESIMPULAN DAN SARAN 124
A. Kesimpulan 124
B. Saran 125

DAFTAR PUSTAKA..... 126
LAMPIRAN 130
RIWAYAT HIDUP 215

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Perubahan Harga Saham 43
Gambar 2. 2 Struktur Hubungan dalam Model Binomial . 44
Gambar 2. 3 Struktur Model Binomial n Langkah 47

Gambar 3. 1 Alur Penelitian..... 68

Gambar 4. 1 Uji Augmented Dickey-Fuller 78
Gambar 4. 2 Plot ACF..... 79
Gambar 4. 3 Plot PACF 79
Gambar 4. 4 Hasil Uji Efek ARCH..... 81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat Plot ACF dan PACF 32
Tabel 2. 2 Interpretasi Nilai MAPE..... 60

Tabel 4. 1 Harga Penutupan Saham Microsoft Corporation 75
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Return Harga Saham Microsoft Corporation..... 77
Tabel 4. 3 Estimasi Model ARMA 80
Tabel 4. 4 Pendugaan Parameter GARCH 82
Tabel 4. 5 Perhitungan nilai Δt 86
Tabel 4. 6 Nilai Parameter N=100..... 114
Tabel 4.7 Harga Opsi Amerika pada Saham Microsoft Corporation..... 118
Tabel 4. 8 Nilai Parameter untuk memperoleh harga opsi 120
Tabel 4. 9 Perbandingan Harga Opsi Call Amerika Binomial dengan Harga Opsi Aktual 122
Tabel 4. 10 Perbandingan Harga Opsi Put Amerika Binomial dengan Harga Opsi Aktual 122

DAFTAR BAGAN

Bagan 4. 1 Skema Umum Pohon Binomial 89
Bagan 4. 2 Skema Pohon Binomial node 6 90
Bagan 4. 3 Harga Opsi Call Amerika Saham Microsoft Corporation N= 6..... 104
Bagan 4. 4 Harga Opsi Put Amerika Saham Microsoft Corporation N= 6..... 113
Bagan 4. 5 Skema Pohon Binomial N=100 115
Bagan 4. 6 Harga Opsi Call Amerika Saham Microsoft Corporation N=100 116
Bagan 4. 7 Harga Opsi Put Amerika Saham Microsoft Corporation N=100 117

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penutupan Harga Saham Microsoft Corporation..... 130
Lampiran 2. Perhitungan Nilai Return 144
Lampiran 3. Perhitungan MAPE..... 158
Lampiran 4. Program GARCH..... 159
Lampiran 5. Program Binomial Opsi Call dan Put 197
Lampiran 6. Nilai Harga Aktual Call Microsoft Corporation 213
Lampiran 7. Nilai Harga Aktual Put Microsoft Corporation 214

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kondisi ekonomi di suatu negara mempengaruhi tingkat kesejahteraan masyarakat di negara tersebut. Faktor penting yang dapat menjamin kelangsungan hidup masyarakat untuk mempertahankan hidup salah satunya adalah ekonomi. Dengan berkembangnya globalisasi dalam bidang ekonomi menjadikan pasar modal memiliki peranan penting bagi suatu negara (Raneo & Muthia, 2019).

Berbicara mengenai ekonomi dan keuangan harus diketahui istilah pasar modal terlebih dahulu. Pasar modal sendiri terdiri atas pasar obligasi, pasar saham dan pasar derivatif. Dengan makin banyaknya alternatif sarana investasi bagi investor untuk berinvestasi menunjukkan begitu berkembangnya dunia investasi. Ini juga merupakan faktor yang berdampak pada bagaimana dunia investasi berkembang, dan bukan hanya karena hal ini memengaruhi berapa banyak uang yang dimasukkan ke dalam investasi, tetapi juga karena hal ini memengaruhi berapa banyak investor yang tertarik

untuk melakukan investasi. Salah satu sarana investasi yang banyak digunakan oleh para investor adalah saham. Saham sendiri adalah selembar kertas yang menyatakan kepemilikan atas perusahaan yang menerbitkan saham tersebut dan hak atas sebagian dari keuntungannya. Mengejar keuntungan finansial adalah satu-satunya tujuan (Siamat, 2002).

Selain saham sarana investasi yang juga banyak diminati adalah produk derivatif. Dalam banyak kasus, produk derivatif digunakan untuk mengurangi biaya transaksi, meminimalkan risiko, dan memastikan keamanan finansial. Kontrak terminasi, bisnis terminasi, dan kontrak opsi adalah hal yang terkait dengan derivatif itu sendiri. Opsi adalah jenis instrument derivatif yang menarik perhatian investor. Opsi dapat dibagi menjadi dua jenis: opsi gaya vanila dan opsi eksotis, berdasarkan proses yang digunakan untuk menentukan pembayaran. Opsi Amerika dan opsi Eropa adalah dua kategori yang dapat dikelompokan menjadi opsi vanila (Boyle dan Mcdougall, 2019).

Opsi Amerika merupakan jenis opsi yang paling umum diperdagangkan di bursa saham karena

memberikan fleksibilitas waktu pelaksanaan, yang memungkinkan investor meraih potensi keuntungan lebih tinggi dibandingkan dengan opsi saham tipe Eropa oleh karena itu peneliti memilih untuk meneliti mengenai Opsi Amerika (Pramuditya, 2016). Volatilitas untuk harga opsi Amerika bisa ditentukan dengan penggunakan metode *generalized autoregressive conditional heteroscedasticity* (GARCH). Pemilihan model GARCH oleh peneliti didasarkan pada kemampuan model untuk merespons volatilitas secara simetris terhadap kejutan pasar, baik yang bersifat positif maupun negatif (Tsay, 2013).

Perhitungan hasil peramalan penting dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana hasil prediksi mendekati nilai aktual. Dalam penelitian ini, tingkat kesalahan peramalan (*forecast error*) akan diukur menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yaitu metode pengukuran akurasi yang menghitung rata-rata persentase penyimpangan antara nilai hasil peramalan dan data aktual (Astuti dkk,2018).

Dalam penelitian ini akan digunakan data *time series* yaitu data penutupan saham (*close price*) dari saham Microsoft corporation. Data yang digunakan

merupakan data penutupan saham Microsoft corporation selama tiga tahun. Microsoft corporation memiliki catatan kinerja keuangan yang stabil dan pertumbuhan yang konsisten dan selalu berinovasi dalam hal teknologi sehingga menjadi pilihan investasi jangka panjang yang menarik. Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan model GARCH adalah penelitian yang dilakukan oleh Rahmaniar Dwinta Kusuma pada tahun 2015 yang meneliti penentuan harga opsi *call* Amerika dengan volatilitas model GARCH sehingga peneliti ingin mengembangkan penelitian tersebut dengan mencari nilai opsi *put* juga. Beberapa hal tersebut menjadi alasan peneliti memilih saham Microsoft corporation untuk diteliti, karena kelebihan-kelebihan saham Microsoft menarik investor untuk berinvestasi pada saham tersebut.

Model *generalized autoregressive conditional heteroscedasticity* (GARCH) digunakan karena memiliki banyak kelebihan diantaranya model ini dapat menghilangkan kurtosis yang berlebihan secara efektif, memiliki kemampuan untuk memodelkan ragam takbersyarat yang berubah terhadap waktu, model ini menggunakan ragam masa lalu dan peramalan masa

lalu untuk meramalkan ragam masa depan, selain itu model ini memanfaatkan heteroskedastisitas untuk membuat sebuah model, selain membuat peramalan berdasarkan variabel y, model ini juga membuat peramalan berdasarkan ragam. Oleh karena itu penulis memilih metode ini untuk memodelkan volatilitas yang akan digunakan untuk kemudian dicari penentuan harga opsinya.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, mendorong penulis untuk meneliti topik mengenai penentuan harga opsi Amerika dengan volatilitas model GARCH.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil perhitungan harga opsi *call* tipe Amerika dengan perhitungan volatilitas model GARCH?
2. Bagaimana hasil perhitungan harga opsi *put* tipe Amerika dengan perhitungan volatilitas model GARCH?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hasil perhitungan harga opsi *call* tipe Amerika dengan perhitungan volatilitas model GARCH

2. Mengetahui hasil perhitungan harga opsi *put* tipe Amerika dengan perhitungan volatilitas model GARCH

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi penulis

   Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan wawasan dan pengetahuan bagi penulis mengenai penentuan harga opsi dengan volatilitas model GARCH sebagai sarana untuk menerapkan ilmu yang telah didapatkan selama perkuliahan.

2. Bagi masyarakat umum

   Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk masyarakat umum sebagai tambahan informasi mengenai penentuan harga opsi dengan volatilitas model GARCH sebagai tambahan pengetahuan.

BAB II
LANDASAN PUSTAKA

A. Opsi

Opsi merupakan instrumen derivatif berbentuk kontrak yang memberikan hak (namun bukan kewajiban) kepada pemegangnya untuk melakukan transaksi atas suatu aset pada harga yang telah disepakati sebelumnya (*strike price*), dalam jangka waktu tertentu. Instrumen derivatif sendiri merupakan salah satu instrument keuangan yang diperdagangkan di pasar modal Indonesia. Menurut Bursa Efek Indonesia (BEI), instrumen derivatif adalah sebuah kontrak atau perjanjian yang nilai atau peluang keuntungannya terkait dengan kinerja aset lain (Irka W N dkk, 2018). Terdapat dua jenis opsi, yaitu: *Call option*, yaitu hak untuk membeli aset tertentu pada harga yang telah ditentukan. *Put option*, yaitu hak untuk menjual aset tertentu pada harga yang telah ditentukan. Pemegang opsi memiliki kebebasan untuk memilih apakah akan mengeksekusi hak tersebut atau tidak, tergantung pada kondisi pasar yang berlaku hingga saat jatuh tempo kontrak. Opsi adalah instrumen keuangan

yang memungkinkan seseorang untuk berspekulasi mengenai naik atau turunnya nilai aset dasar, seperti komoditas pertanian, mata uang, saham perusahaan dan lain-lain. Jika hak tersebut tidak dilaksanakan pada waktu jatuh tempo, maka hak tersebut akan hangus. Dengan demikian, opsi tersebut tidak ada nilainya (Hull, 2006).

Menurut Ruey (2005) mengatakan bahwa opsi sebagai kontrak antara dua pihak, dimana pihak pertama (pembeli) memiliki hak untuk membeli, sementara pihak kedua (penjual) berkewajiban menjual aset pada harga dan waktu yang telah disepakati sebelumnya. Opsi dapat dianggap sebagai turunan dari saham, karena dapat diperjualbelikan di pasar sekunder seperti halnya saham. Namun, opsi memiliki karakteristik khusus, salah satunya adalah masa berlaku yang terbatas. Apabila sampai pada waktu jatuh tempo, pemegang opsi tidak menggunakan haknya (baik untuk membeli maupun menjual aset), maka opsi tersebut akan kedaluwarsa dan tidak memiliki nilai (*expire worthless*).

Berdasarkan pada jenis hak yang diberikan kepada pemegang opsi, opsi dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu opsi *call* dan opsi *put* (Boyle dan Mcdougall, 2019).

1. Opsi *Call* adalah opsi yang memberikan hak kepada pemiliknya untuk membeli suatu aset pada harga dan waktu tertentu (Hull, 2009). Opsi *call*, juga disebut sebagai *call option* adalah kontrak yang mencakup hak untuk membeli sebuah saham pada harga yang telah ditentukan.
2. Opsi *put* adalah jenis opsi yang memberikan hak kepada pemilik opsi untuk menjual aset dengan harga dan jangka waktu tertentu. Harga opsi *put* dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk harga saham awal di pasar saham, harga saham pada saat itu, harga pelaksanaan, waktu yang tersisa sampai kadaluarsa, volatilitas harga saham, dan tingkat suku bunga bebas risiko. Opsi *put* adalah hak untuk menjual aset keuangan pada harga yang telah ditentukan dan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. *Taker*, yang membeli opsi *put*, memiliki hak untuk menjual aset sementara penjual opsi bertaruh bahwa harga saham akan turun sebelum

opsi berakhir. Ini berarti, ketika harga aset lebih tinggi dari harga pelaksanaan, akan lebih menguntungkan bagi pemilik hak untuk menjual aset di pasar daripada melaksanakan opsi *put*. Namun, jika harga nilai dasar lebih rendah dari itu, yang merupakan nilai positif dari opsi, membuat pelaksanaan opsi *put* menjadi lebih menguntungkan (Chaput dan Ederington, 2002).

Di dalam Luenberger (1998) dijelaskan bahwa opsi dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu opsi Eropa, opsi Amerika, dan opsi Asia, tergantung pada kapan waktu jatuh tempo terjadi. Opsi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu opsi *vanilla* dan opsi *eksotis*, berdasarkan proses yang digunakan untuk menentukan nilai *payoff*. Opsi *vanila* dapat dibagi menjadi dua kategori: opsi gaya Amerika dan opsi gaya Eropa. Opsi *eksotis* adalah opsi Asia. Opsi Amerika merupakan kontrak yang memberikan kebebasan kepada pemegang opsi untuk membeli atau menjual aset keuangan kapan saja hingga tanggal jatuh tempo. Sebaliknya, opsi Eropa hanya memperbolehkan pelaksanaan hak tersebut tepat pada saat jatuh tempo (Boyle dan Mcdougall, 2019).

B. Faktor yang Mempengaruhi Harga Opsi

Menurut Tandelilin (2001), terdapat enam variabel yang mempengaruhi harga opsi, yaitu harga saham, waktu jatuh tempo, harga kontrak, suku bunga bebas risiko, volatilitas harga saham, dan *dividen* yang diharapkan.

a. Harga saham (*S*)

Harga saham yang menjadi acuan dalam kontrak opsi disebut sebagai *underlying asset*. Akan sangat berisiko bagi *emiten* atau penulis opsi jika harga nilai dasar berfluktuasi dan perubahannya signifikan. Bagi investor dan penulis opsi, akan sangat berisiko jika harga saham berfluktuasi dan perubahannya relatif besar cukup berisiko bagi investor dan penulis opsi. Karena mereka memiliki keyakinan bahwa harga akan berubah, pedagang opsi cenderung lebih menyukai penerbitan opsi pada saham dengan volatilitas yang lebih rendah. Karena keamanan perubahan harga dapat dijamin, mereka lebih memilih penerbitan opsi pada saham dengan perubahan yang lebih kecil. Sebaliknya, mereka yang membeli opsi, memilih saham dengan

volatilitas tinggi, terlepas dari apakah mereka membeli opsi *call* atau opsi *put*.

b. Harga kontrak (*K*)

   Harga kontrak mencerminkan sejauh mana pemegang opsi yakin bahwa harga yang ditetapkan akan mendekati harga pasar. Ini berarti bahwa pemegang opsi harus dapat memprediksi kemungkinan arah harga saham sehingga harga pasar untuk sahamnya tidak terlalu jauh berbeda dengan harga pada saat jatuh tempo.

c. *Expiration date* (*T*)

   Semakin panjang jangka waktu jatuh tempo suatu opsi, maka harganya cenderung lebih tinggi karena meningkatnya ketidakpastian. Ketika waktu jatuh tempo lebih lama, pergerakan harga saham menjadi lebih sulit diprediksi, sehingga *premi* opsi naik dan menjadikan lebih menarik bagi investor.

d. Tingkat suku bunga bebas risiko (*r*)

   Pertimbangan untung rugi (*trade-off*) yang diandalkan investor saat mengambil keputusan tercermin dalam suku bunga bebas risiko ketika pilihan investasi lain tidak menarik karena risiko.

e. Volatilitas harga saham (σ)

   Volatilitas pasar saham yang merupakan cerminan risiko, menentukan apakah pedagang opsi bersedia menetapkan harga opsi yang lebih tinggi karena *volatilitas dividen* yang tinggi meningkatkan risiko kenaikan atau penurunan tajam pada harga saham.

f. *Dividen* (*d*)

   Faktor ini sangat penting untuk ekspektasi yang optimis. Ekspektasi bahwa harga saham akan naik jika perusahaan membagikan *dividen* yang lebih tinggi dari sebelumnya akan meningkatkan kepercayaan investor. Pemegang opsi call cenderung memilih saham yang berpeluang mengalami kenaikan harga, dimana harga saham sempat turun akibat ekspektasi kenaikan harga dan kembali naik karena adanya harapan peningkatan dividen di masa mendatang.

Empat faktor pertama sangat penting ketika mengevaluasi opsi, namun dua faktor terakhir tidak begitu signifikan. Dalam penelitian ini tidak akan digunakan dividen karena untuk menyederhanakan analisis. Pentingnya pasar saham adalah yang paling signifikan dari enam faktor yang mempengaruhi nilai

opsi. Karena faktor lainnya menjadi tidak relevan jika harga saham jauh di atas atau di bawah harga kontrak. Efek ini akan lebih terasa ketika opsi berakhir atau jatuh tempo. Hanya harga saham dan harga pembelian kembali yang saat ini menentukan nilai, dan semua faktor lainnya menjadi tidak relevan (Alclock dkk, 2007).

C. Return

Return merupakan imbal hasil yang diharapkan investor dari aktivitas investasi yang dilakukan. Return dapat berupa keuntungan (*gain*), namun juga memiliki kemungkinan mengalami kerugian (*loss*), tergantung pada kinerja aset yang diinvestasikan, seperti kinerja perusahaan dalam kasus saham. Oleh karena itu, dalam mengambil keputusan investasi, investor tidak hanya mempertimbangkan potensi return, tetapi juga perlu memperhatikan risiko yang menyertainya (Husnan S, 2000). Rumus return dapat ditulis dengan (Nadia dkk, 2018)

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

Keterangan :

R_t : return saham pada periode t

S_t : harga saham pada periode t

S_{t-1} : harga saham pada satu periode sebelum t

D. Deret Waktu

Menurut Halwa (2023) deret waktu merupakan sekumpulan data yang dicatat secara berurutan sesuai dengan indeks waktu pada interval tertentu. Analisis deret waktu (*time series analysis*) adalah metode statistic yang digunakan untuk mengkaji data yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu. Teknik ini umum digunakan untuk memprediksi nilai di periode mendatang karena adanya korelasi antara satu observasi dengan observasi lainny, sehingga setiap data memiliki peran dalam proses peramalan.

Berikut adalah tujuan analisis deret waktu (Khoiri, 2023):

1. Prediksi

   Prediksi dilakukan untuk memperkirakan nilai observasi di waktu mendatang berdasarkan data yang tersedia pada periode sekarang.

2. Pemodelan

   Analisis deret waktu bertujuan untuk menemukan model yang sesuai guna memprediksi nilai-nilai variabel yang berubah dari waktu ke waktu.

3. Penggambaran

   Analisis deret waktu digunakan untuk memvisualisasikan data historis agar pola-pola pergerakan suatu variabel dapat lebih mudah dikenali.

4. Pengekstrakan informasi

   Data yang dianalisis dalam bentuk deret waktu mengandung berbagai informasi yang dapat dieksplorasi. Informasi tesebut dapat diolah dan disesuaikan sesuai dengan tujuan analisis yang diinginkan.

E. Stationeritas Data

Data yang dianalisis menggunakan model ARIMA harus stationer, artinya tidak menunjukkan tren kenaikan atau penurunan ekstrem, sehingga nilainya tetap berada dalam kisaran yang relative konstan. Jika data belum stationer, maka dilakukan proses *diferensiasi*, yaitu menghitung selisis antar periode hingga data mencapai kondisi stationer.

Uji stationeritas dapat dilakukan dengan berbagai metode, yaitu: (Aktivani, 2020)

1. Metode Grafik

   Salah satu aspek penting dalam analisis deret waktu adalah pengujian kestasioneran data. Data dikatakan stasioner apabila nilai rata-rata, varians, dan kovariansnya konstan sepanjang waktu. Secara visual, data stasioner biasanya ditunjukkan oleh pola grafik yang berfluktuasi secara konsisten di sekitar nilai tengah tanpa tren yang meningkat atau menurun secara signifikan. Kestasioneran ini menjadi syarat penting bagi banyak model peramalan, seperti ARIMA, agar hasil prediksi yang dihasilkan lebih akurat dan dapat diandalkan.

2. Uji Correlogram

   Menurut Mulyana (2004), fungsi autokorelasi (*autocorrelation function*) dibentuk oleh himpunan autokorelasi antara *lag* k, dengan k menyesuaikan *lag* yang digunakan atau korelasi antara Z_t dan Z_{t+k}. Dimana Z_t merupakan data ke *t*. Hubungan antara autokorelasi dengan *lag*-nya dikenal sebagai ACF. Misalkan suatu ACF data menggunakan *lag* 1 artinya nilai t akan dikorelasikan dengan $t+1$ karena nilai $k=1$.

Sedangkan, fungsi autokorelasi parsial (PACF) adalah korelasi antara Y_t dan Y_{t+k} setelah menghilangkan efek antara *Y* yang terletak di antara Y_t dan Y_{t+k} sehingga Y_t dianggap konstanta. Autokorelasi parsial (*Partial Autocorrelation Function* atau PACF) merupakan alat statistik dalam analisis deret waktu yang digunakan untuk mengukur hubungan antara suatu observasi dengan observasi lain pada lag tertentu, dengan mengendalikan pengaruh dari lag-lag di antara keduanya.

ACF dan PACF disebut *correlogram*, dan dapat digunakan untuk mengevaluasi kestasioneran dan signifikansi autokorelasi data. Jika nilai koefisien ACF pada setiap lag sama atau hampir nol, maka data stasioner, tetapi jika nilainya relatif tinggi, maka data tidak stasioner. Jika gambar ACF menghasilkan histogram yang menurun (pola eksponensial), maka ada autokorelasi signifikan, atau data berautokorelasi. Namun, jika gambar PACF menghasilkan histogram yang langsung terpotong pada lag-2, maka data tidak stasioner dan dapat distasionerkan melalui proses *differencing*

(Mulyana, 2004). Karena pengecekan ACF dan PACF dilakukan dengan identifikasi secara visual, maka agar lebih akurat perlu dilakukan pengujian statistik untuk kestationeran data dengan menggunakan *Unit root Test*.

3. Uji akar-akar unit (*Unit root Test*)

   Uji akar unit pertama kali dikembangkan oleh DA Dickey dan WA Fuller, yang dikenal sebagai uji akar unit Dickey-Fuller, yang mengasumsikan bahwa residual e_t adalah residual yang bersifat independen dengan rata-rata nol, varian konstan, dan tidak saling berhubungan (non autokorelasi). Namun, dalam banyak kasus, residual sering saling berhubungan atau memiliki unsur autokorelasi. Oleh karena itu, uji akar unit harus dikembangkan terhadap residual yang mengandung autokorelasi.

   Unit root test atau uji akar-akar unit, saat ini paling banyak digunakan dalam pengujian stationeritas data. Ini karena jenis pengujian *Augmented Dickey Fuller* (ADF) mempertimbangkan kemungkinan adanya autokorelasi pada *error term* jika seri yang digunakan nonstasioner. Persamaan uji stationer dengan uji ADF adalah sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \delta_i \Delta Y_{t-1} + \mu_t$$

Dimana

α_0 = konstata

Y_{t-1} = data periode t-1

γ = koefisien yang diuji

ΔY_{t-1} = lag dari first difference untuk menghilangkan autokorelasi (hingga orde p)

μ_t = error white noise

Dalam model ini diperlukan adanya hipotesis. Berikut adalah hipotesis dari uji stasioner data. $H_0: \delta = 0$ (Terdapat *unit root,* data tidak stasioner) $H_1: \delta \neq 0$ (Tidak terdapat *unit root,* data stasioner) Pada uji stasioneritas *Augmented Dickey-Fulle*r, data dikatakan stasioner jika *p-value* < 0,05 maka hipotesis awal H_0 ditolak.

Uji akar-akar unit dilakukan dengan langkah-langkah metode uji ADF sebagai berikut:

a. Misalkan terdapat persamaan sebagai berikut:

$$Y_t = pY_{t-1} + \mu_t \qquad (2.2)$$

Dimana:

Y_t : data periode t

p : koefisien autoregressve

Y_{t-1} : data periode t-1

μ_t : *white noise error term* yang mempunyai rata-rata 0, varian konstanta, dan tidak mengandung autokorelasi

Ketika $p = 1$, maka variabel Y_t dikatakan memiliki akar unit. Dalam istilah ekonometrika, deret waktu yang memiliki akar unit dikenal sebagai proses *random walk*. Berikut dalam bentuk hipotesis:

$H_0: p = 1$ atau *series* mengandung *unit root*

$H_a: p < 1$, atau *series* tidak mengandung *unit roots*

Selanjutnya, persamaan tersebut diturunkan ke dalam bentuk *differencing* untuk mendapatkan representasi dalam selisih antar periode sebagai berikut:

$$Y_t = pY_{t-1} + \mu_t$$

$$Y_t - Y_{t-1} = pY_{t-1} - Y_{t-1} + \mu_t$$

$$\Delta Y_t = (p-1)Y_{t-1} + \mu_t$$

Dimana $\delta = (p - 1)$ dan ΔY_t merupakan turunan pertama *(first difference)* atau dapat dinyatakan dalam bentuk $\Delta Y_t = (Y_t - Y_{t-1})$. Sehingga bentuk hipotesis menjadi:

H_0: $\delta = 0$, atau *series* mengandung *unit root*

H_a: $\delta < 0$, atau *series* tidak mengandung *unit root*

Jika $\delta = 0$, maka persamaan diatas dapat ditulis:

$$\Delta Y_t = (Y_t - Y_{t-1}) = \mu_t \qquad (2.3)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa turunan pertama dari *series* yang *random walk* (μ_t) adalah sebuah *series* stationer dengan asumsi bahwa μ_t adalah benar-benar random.

b. Setelah mendapatkan persamaan, selanjutnya adalah menghitung nilai statistic ADF, dimana uji ADF ini dikenal sebagai τ (*tau statistic*). Formulanya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{\delta}{Se(\delta)}$$

Keterangan :

τ : *tau statistic*

δ : estimasi koefisien regresi dari Y_{t-1}

$Se(\delta)$: *standar error* dari δ

$Se(\delta)$ adalah *standar error* dari koefisien Y_{t-1} atau dengan kata lain, *standar error* dari δ**.** Selanjutnya, nilai tau statistik akan dibandingkan dengan nilai kritis pada tabel *Mac Kinnon*. Apabila nilai absolut dari statistik tau hasil uji ADF lebih besar daripada nilai kritis ADF tabel, maka Ho ditolak, dan *series* dianggap stasioner.

Jika data tidak stasioner, *differencing* dilakukan untuk memastikan bahwa data Y_t stasioner. Ini berarti menghitung perubahan atau perbedaan nilai observasi dan kemudian memeriksa apakah nilai perbedaan tersebut stasioner. Jika hasilnya tidak, *differencing* harus dilakukan lagi. Jika data asli dari suatu *series* saling berintegrasi atau data sudah stasioner, maka data tersebut berintegrasi pada order 0 atau dilambangkan dengan I(0). Selanjutnya, jika data stasioner dan saling berintegrasi pada turunan pertama, maka data tersebut berintegrasi pada order 1 atau I(1). Begitu seterusnya sampai

didapatkan data yang stasioner pada order d atau I(d).

Uji ADF sering mengalami masalah penemuan lag yang dimasukkan ke dalam model. Karena lag yang terlalu lama akan menyebabkan pengurangan parameter estimasi dan kehilangan derajat bebas, lag yang terlalu pendek akan mengurangi kemampuan dalam mengungkakan *the actual error process*. Akibatnya, *standar error* tidak dapat diestimasi.

F. *Auto Regressive Interated Moving Avarage* (ARIMA)

Metode ARIMA mulai digunakan pada abad ke-20, namun kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Box dan Jenkins pada tahun 1970-an sehingga dikenal dengan sebutan ARIMA Box-Jenkins. Model ini tidak mempertimbangkan variabel independen, sehingga lebih cocok untuk melakukan prediksi jangka pendek daripada jangka panjang. ARIMA digunakan ketika data deret waktu (*time series*) menunjukkan keterkaitan antar pengamatan dari waktu ke waktu, dengan memanfaatkan data historis dari variabel dependen untuk menghasilkan prediksi yang akurat.

Sesuai dengan namanya, model ARIMA merupakan gabungan dari pendekatan *autoregressive* dan *moving average*. Akan tetapi, penerapan metode ARIMA tidak selalu mencakup seluruh komponennya, karena penggunaannya akan disesuaikan dengan pola data yang dianalisis. Pada beberapa jenis data, model yang paling tepat mungkin hanya *autoregressive* (AR) atau hanya *moving average* (MA). Selain itu, jika data sudah stasioner, maka digunakan model gabungan AR dan MA tanpa komponen integrasi, yaitu model ARMA (Khoiri, 2023).

1. Model *Autoregressive* (AR)

   Model *autoregresif* merupakan salah satu komponen dalam metode ARIMA yang memiliki tingkat korelasi orde *p*, sehingga secara umum model ini dapat dituliskan dalam bentuk ARIMA(*p, 0, 0*). Persamaan matematis untuk model AR adalah sebagai berikut (Khoiri, 2023).

   $$\hat{Z}_t = \emptyset_1 \hat{Z}_{t-1} + \emptyset_2 \hat{Z}_{t-2} + \cdots + \emptyset_p \hat{Z}_{t-p} + \alpha_t \quad (2.4)$$

   Keterangan:

   $\emptyset_p$: parameter *autoregressive* ke- *p*

   α_t : *white noise* nilai kesalahan pada saat *t*

$\hat{Z}_{t-p}$: variabel bebas *t-p*

$\hat{Z}_t$: variabel bebas *t*

Variabel bebas dalam persamaan ini adalah variabel yang digunakan dalam proses peramalan, di mana antara $\hat{Z}_t$ dengan $\hat{Z}_{t-p}$ merupakan variabel yang sama, tetapi berbeda dalam hal waktu pengamatan. Nilai α_t merupakan residual atau galat hasil peramalan, yaitu selisih antara nilai aktual dengan nilai yang diestimasi oleh model, yang tidak dapat dijelaskan secara langsung oleh model. Penentuan orde dalam model AR dilakukan dengan melihat titik potong pada lag dalam plot PACF (*Partial Autocorrelation Function*).

Langkah-langkah dalam membangun model Autoregressive (AR) meliputi beberapa tahapan berikut:

a. Mengidentifikasi model yang sesuai dengan karakteristik deret waktu yang diamati.
b. Menentukan nilai orde *p* dengan merujuk pada pola yang terlihat pada plot ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*).

c. Melakukan estimasi terhadap parameter model, yaitu koefisien $\emptyset_1, \emptyset_2, \dots, \emptyset_p$

Estimasi koefisien yang telah diperoleh dimanfaatkan dalam penyusunan model matematis guna meramalkan nilai pada periode-periode berikutnya (Khoiri, 2023).

2. Model *Moving Averange* (MA)

Model Moving Average (MA) merupakan salah satu komponen dalam metode ARIMA. Model ini dilambangkan sebagai MA(q), di mana q merupakan orde model, dan dapat dinyatakan dalam bentuk ARIMA (*0, 0, q*). Penentuan nilai q dilakukan berdasarkan titik potong pada lag yang terlihat pada plot *Autocorrelation Function* (ACF).

Perbedaan antara model Autoregressive (AR) dan Moving Average (MA) dapat dikenali melalui pola pada plot ACF dan PACF. Suatu deret waktu cenderung lebih tepat dimodelkan dengan AR jika plot ACF menunjukkan pola penurunan yang bertahap (*die down*), sedangkan plot PACF menunjukkan *cut off* yang jelas setelah lag *p*. Sebaliknya, model MA lebih tepat digunakan jika pola *dies down* muncul pada plot PACF dan *cut off*

terlihat pada plot ACF. Persamaan matematis untuk model MA adalah sebagai berikut (Khoiri, 2023).

$$\hat{Z}_t = \alpha_t - \theta_1\alpha_{t-1} - \theta_2\alpha_{t-2} - \cdots - -\theta_q\alpha_{t-q} \quad (2.5)$$

Keterangan:

α_t : *white noise* nilai kesalahan pada saat *t*

α_{t-q} : *white noise* nilai kesalahan pada saat *t-p*

$\hat{Z}_t$: variabel bebas *t*

θ_q : parameter *Moving Average*

Berdasarkan Persamaan (2.5), nilai $\hat{Z}_t$ dipengaruhi oleh kesalahan (*error*) dari periode sebelumnya. Dalam model *Moving Average*, hubungan yang diukur adalah *autokorelasi* antara *error* pada periode sekarang dengan *error* pada periode-periode sebelumnya.

3. Model *Auto Regressive Moving Average* (ARMA)

   Model AR maupun MA tidak selalu sesuai diterapkan pada semua jenis data. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan gabungan antara keduanya. Untuk data yang telah bersifat stasioner, kombinasi model AR dan MA dikenal sebagai model ARMA, yang dapat

dinyatakan dalam bentuk ARMA (p,q) (Khoiri, 2023).

Berikut persamaan matematis dari model ARMA.

$$\hat{Z}_t = \emptyset_1 \hat{Z}_{t-1} + \emptyset_2 \hat{Z}_{t-2} + \cdots + \emptyset_p \hat{Z}_{t-p} + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \cdots - -\theta_q \alpha_{t-q} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$\emptyset_p$: parameter *autoregressive* ke- p

α_t : *white noise* nilai kesalahan pada saat t

$\hat{Z}_{t-p}$: variabel bebas t-p

$\hat{Z}_t$: variabel bebas t

θ_q : parameter *Moving Average*

Model ini umumnya digunakan untuk jenis data yang menunjukkan pola penurunan secara eksponensial pada plot ACF dan PACF.

4. Model *Auto Regressive Interated Moving Avarage* (ARIMA)

   Beberapa pola waktu tidak selalu berada pada lingkungan garis yang sama karena mereka memiliki *trend*, sehingga data belum stasioner. Untuk membentuk model ARIMA, diperlukan *differencing* jika data belum stasioner. Persamaan matematis untuk model ARIMA sama dengan

persamaan untuk model ARMA, Perbedaan keduanya terletak pada penulisan parameter *d* (Khoiri, 2023). Model ARIMA menggabungkan tiga komponen utama:

a. *Autoregressive* (AR): mengacu pada penggunaan nilai sebelumnya dalam seri waktu untuk memprediksi nilai masa depan. Ini diwakili oleh parameter "*p*" dalam ARIMA(*p,d,q*).
b. *Integrated* (I): menunjukkan bahwa data telah diambil perbedaannya sekali atau lebih untuk mencapai stasioneritas. Ini diwakili oleh "*d*" dalam ARIMA(*p,d,q*), di mana "*d*" adalah jumlah *differencing* yang diperlukan untuk membuat seri waktu menjadi stasioner. *Differencing* adalah proses menghitung perbedaan antara nilai-nilai berurutan dalam rangkaian data untuk mengurangi atau menghilangkan tren atau komponen musiman. Proses *differencing* dilakukan sampai data menjadi stasioner. Persamaan untuk pendifferensian data adalah sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

c. *Moving Average* (MA): Ini mengacu pada penggunaan istilah error lag dalam model. Ini diwakili oleh "*q*" dalam ARIMA(*p,d,q*).

Persamaan ARIMA adalah:

$$\hat{Z}_t = \emptyset_0 + \emptyset_1 \hat{Z}_{t-1} + \emptyset_2 \hat{Z}_{t-2} + \cdots + \emptyset_p \hat{Z}_{t-p} + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \cdots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$\emptyset_p$: parameter *autoregressive* ke- p

α_t : *white noise* nilai kesalahan pada saat t

$\hat{Z}_{t-p}$: variabel bebas t-p

$\hat{Z}_t$: variabel bebas t

θ_q : parameter *Moving Average*

ACF, atau *Auto Correlation Function*, adalah ukuran korelasi antara nilai-nilai dalam suatu deret waktu, khususnya antara data pada waktu ke-t dengan data pada waktu ke- $t+k$, di mana k menunjukkan jumlah lag yang digunakan. Sebagai contoh, jika ACF dihitung pada lag 1, maka nilai pada waktu t akan dikorelasikan dengan nilai pada waktu $t+1$, karena $k=1$.

Selain ACF, model ARIMA juga menggunakan PACF untuk menyesuaikan model dengan pola data yang ada. PACF (*Partial Autocorrelation Function*) merupakan

ukuran korelasi parsial antara nilai suatu deret waktu pada saat ke-*t* dan ke-*t+k*, dengan menghilangkan pengaruh nilai-nilai yang berada di antara kedua titik waktu tersebut. Perbedaan utama antara ACF dan PACF terletak pada cara perhitungan korelasinya: ACF tetap mempertimbangkan seluruh nilai antara *t* dan *t+k*, sedangkan PACF mengukur korelasi langsung antara *t* dan *t+k* dengan mengabaikan pengaruh dari nilai-nilai di antaranya (Khoiri, 2023).

Dalam analisis ARIMA, pola yang muncul pada plot ACF dan PACF umumnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu *cut-off* dan *dies down*. Pola-pola ini menjadi acuan penting dalam menentukan orde dari model ARIMA. Karakteristik atau sifat dari plot ACF dan PACF yang digunakan sebagai pedoman dalam penentuan orde model ARIMA dirangkum dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat-sifat Plot ACF dan PACF

Proses	Sampel ACF	Sampel PACF
White Noise	Tidak ada yang melewati garis batas interval untuk *lag* > 0	Tidak ada yang melewati garis batas interval untuk *lag* > 0
AR(*p*)	Menurun menuju nol secara eksponensial	*Cut off* pada *lag* ke-*p* artinya berada di atas garis interval maksimum sampai

		lag ke-*p* dan di bawah batas garis interval pada *lag* > *p*
MA(*q*)	*Cut off* pada *lag* ke-*q* artinya berada di atas garis interval maksimum sampai lag ke-*p* dan di bawah batas garis interval pada lag > *q*	Menurun menuju nol secara eksponensial
ARMA(*p,q*)	Menurun menuju nol secara eksponensial	Menurun menuju nol secara eksponensial

G. Volatilitas

Volatilitas berfungsi sebagai indikator tingkat ketidakpastian terhadap pergerakan harga saham di waktu yang akan datang. Dengan kata lain, kemungkinan harga saham yang diharapkan akan tercapai meningkat dengan meningkatnya volatilitas. Namun, hal sebaliknya juga berlaku: semakin tidak stabil volatilitas pasar, semakin sering harga saham mencapai tingkat yang tidak terduga (Walpole E, 1995).

Ketidakpastian (*uncertainty*) adalah konsisi yang terjadi akibat fluktuasi keuangan yang tinggi sehingga para pelaku ekonomi tidak dapat memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang.

Ketidakpastian return biasanya dapat terlihat dari volatilitas. Volatilitas merupakan topik yang mendapat perhatian besar dan menjadi fokus utama dalam berbagai penelitian, terutama di bidang keuangan. Secara bahasa, volatilitas menggambarkan kondisi yang tidak stabil, yaitu ketika data menunjukkan fluktuasi yang tajam, baik naik maupun turun. Volatilitas dapat menggambarkan fluktuasi atau pergerakan dari suatu saham dan resiko yang dimiliki investor. Volatilitas tinggi mencerminkan risiko tinggi dan tingkat return yang tinggi. Ketika investor mengetahui volatilitas suatu aset, mereka dapat mengelola investasi mereka dengan lebih selektif untuk memaksimalkan keuntungan (setiati, 2021). Dalam bidang keuangan, volatilitas juga dapat digunakan untuk melakukan peramalan. Peramalan dilakukan menggunakan data *time series*. Pergerakan pasar yang sangat dipengaruhi oleh pengaruh berita yang beredar dapat meneyebabkan perubahan yang drastis. Berita buruk dapat membuat pasar mengalami penurunan yang ekstrim dan akan kembali normal saat berita buruk telah mereda. Hal ini membuat data *time series* cenderung mengandung masalah *heteroskedastisitas* (Setiati, 2021). Secara

umum, volatilitas di pasar keuangan menggambarkan besarnya risiko yang dihadapi investor melalui pergerakan harga saham yang berfluktuasi. Sering kali, volatilitas di pasar keuangan dapat berdampak signifikan terhadap perekonomian. Kenaikan atau penurunan volatilitas dapat menjelaskan fluktuasi harga saham (Firmasyah, 2006). Volatilitas, yang dinyatakan sebagai variasi kuadrat, dapat dihitung sebagai berikut (Nadia dkk, 2018):

$$var = \frac{1}{n-1}\sum_{t-1}^{n}(R_t - \bar{R})^2 \qquad \textbf{(2.8)}$$

Dengan $\bar{R}$ merupakan rata-rata return

$$\bar{R} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} R_t \qquad (2.9)$$

Rumus untuk menghitung volatilitas:

$$\sigma = \sqrt{var \times \tilde{T}} \qquad (2.10)$$

Keterangan :

R_t : return saham pada waktu t

var: variansi

$\bar{R}$: rata-rata return

σ : volatilitas

n : banyak data return

$\tilde{T}$: banyak hari perdagangan dalam 1 tahun (252 hari)

Di mana σ menyatakan volatilitas dari return saham, var merupakan variansi return saham, dan $\tilde{T}$ menunjukkan jumlah hari perdagangan dalam satu tahun, yaitu sebanyak 252 hari.

Schwert dan Smith (1992) membagi jenis volatilitas sebagai berikut:

1. *Future volatility*

   Future volatility merupakan jenis volatilitas yang paling ingin diprediksi oleh pelaku pasar keuangan. Volatilitas yang ideal adalah yang mampu merepresentasikan kisaran pergerakan harga di masa depan.

2. *Historical volatility*

   Untuk memprediksi pergerakan di masa depan, perlu dilakukan analisis terhadap pergerakan historis dengan membangun suatu model menggunakan teori penetapan harga (*pricing theory*) yang didasarkan pada data masa lalu guna meramalkan volatilitas di waktu mendatang.

3. *Forecast volatility*

   Sama halnya terdapat jasa yang berusaha untuk melakukan peramalan mengenai perubahan harga yang akan terjadi di masa datang demikian juga terdapat jasa yang dapat melakukan peramalan volatilitas di masa yang akan datang biasanya mencakup satu periode.

4. *Implied volatility*

   Implied volatility adalah jenis volatilitas yang diperoleh dengan menggunakan teori penetapan harga, sehingga nilai teoritis yang dihasilkan sesuai dengan harga opsi yang terbentuk di pasar.

5. *Seasonal volatility*

   Sejumlah komoditas pertanian seperti jagung, gandum, dan kedelai memiliki sensitivitas tinggi

terhadap kondisi cuaca, sehingga peramalan volatilitas menjadi penting dalam situasi tersebut.

H. Uji Lagrange *Multiplier*

Lagrange *Multiplier* adalah teknik untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan kendala persamaan. Sesuai namanya, konsep ini dikemukakan oleh Joseph Louis Lagrange (1736-1813). Inti dari Lagrange *Multiplier* adalah mengubah persoalan titik ekstrim terkendala menjadi persoalan ekstrim bebas kendala. Fungsi yang terbentuk dari tranformasi tersebut dinamakan fungsi Lagrange (Paiman, 2013).

Pengujian untuk mengetahui masalah heteroskedastisitas dalam *time series* yang dikembangkan oleh Engle dikenal dengan uji ARCH-LM. Ide pokok uji ini adalah bahwa variansi residual bukan hanya fungsi dari variabel independen tetapi tergantung pada residual kuadrat pada periode sebelumnya (Teguh,2011). Adapun hipotesis untuk uji ARCH-LM adalah

H_0 : varians residual konstan (tidak ada unsur ARCH)

H_1 : varians residual tidak konstan (ada unsur ARCH)

Dengan membandingkan nilai *P-value* dengan α. Jika nilai *P-value* $< \alpha$, maka tolak H_0, yang berarti residual tidak konstan (terdapat unsur ARCH).

I. GARCH

Pada tahun 1982, Robert F. Engle memperkenalkan model *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH) sebagai solusi untuk mengatasi masalah varians yang tidak konstan. Namun, karena tingginya volatilitas dalam data keuangan, model ARCH memerlukan orde yang cukup tinggi untuk memodelkan varians secara efektif. Empat tahun kemudian, pada 1986, Bollerslev mengembangkan model tersebut menjadi *Generalised Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH), yang mampu menangkap respon volatilitas secara simetris terhadap guncangan positif (*good news*) maupun negatif (*bad news*) (Tsay, 2013).

Bollerslev terus menyempurnakan Model ARCH yang dikembangkan oleh Robert Engle (Widarjono, 2013). Bollerslev terus mengembangkan Model ARCH (Widarjono, 2013). *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastizity* (GARCH) adalah nama model ini. Bollerslev menguraikan bagaimana variasi

dipengaruhi oleh variasi variabel gangguan dari periode sebelumnya dan juga variasi residu dari waktu tersebut. Kesetaraan variasi residual GARCH dapat dinyatakan sebagai berikut (Setiati, 2021):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 \varepsilon_{t-1}^2 + \lambda_1 \sigma_{t-1}^2 \qquad (2.11)$$

dimana:

σ_t^2 : varian bersyarat

α_0 : komponen konstanta

ε_{t-1}^2 : kesalahan/error/residual satu periode sebelumnya

λ_1 : parameter GARCH

σ_{t-1}^2 : varian bersyarat satu periode sebelumnya

Persamaan (2.10) merepresentasikan model GARCH(1,1) karena varians residualnya dipengaruhi oleh satu lag dari kuadrat residual dan satu lag dari varians itu sendiri. Secara umum, model GARCH(*p,q*) dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \lambda_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \lambda_p \sigma_{t-p}^2 \qquad (2.12)$$

dimana:

σ_t^2 : varian bersyarat

α_0, α_1 : komponen konstanta

ε_{t-1}^2 : kesalahan/error/residual satu periode sebelumnya

σ_{t-1}^2 : varian bersyarat satu periode sebelumnya

ε_{t-p}^2 : kesalahan/error/residual pada periode-p

σ_{t-p}^2 : varian bersyarat periode-q

Hipotesis :

H0: $\lambda_p \sigma_{t-p}^2 = 0$ (perubahan return pada saat ini tidak dipengaruhi oleh variabel residual pada periode sebelumnya)

H1: $\lambda_p \sigma_{t-p}^2 \neq 0$ (perubahan return pada saat ini dipengaruhi oleh variabel residual pada periode sebelumnya).

Secara sederhana, model GARCH(p,q) mengasumsikan bahwa tingkat volatilitas suatu data dipengaruhi oleh p nilai fluktuasi sebelumnya dan q nilai volatilitas sebelumnya. Konsep dasar dari model ini mirip dengan pendekatan yang digunakan dalam model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA), yaitu dengan melihat bagaimana suatu variabel acak dipengaruhi oleh nilai-nilai acaknya di masa lalu.

Proses GARCH dapat dipahami sebagai proses ARMA yang diterapkan pada variabel ε^2 atau kuadrat residual. Secara umum, langkah-langkah dalam

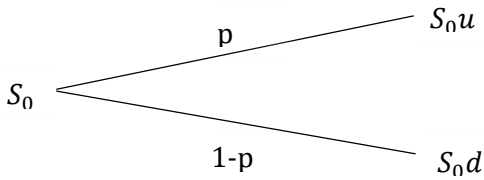
membangun model peramalan GARCH serupa dengan tahapan pada model ARIMA. Proses tersebut meliputi tahap identifikasi, yaitu dengan memvisualisasikan grafik harga saham terhadap waktu dan menghitung nilai return untuk mendeteksi adanya fluktuasi ekstrem, tahap estimasi dan evaluasi model, serta tahap penerapan model dalam analisis atau peramalan.

Menurut Winarno (2007), salah satu asumsi utama dalam estimasi menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) adalah bahwa residual harus bebas dari *autokorelasi*. Selain itu, asumsi penting lainnya yang sering diterapkan adalah bahwa variabel gangguan (residual) memiliki varians yang konstan sepanjang waktu. Jika kondisi ini tidak terpenuhi yakni ketika varians residual berubah-ubah seiring waktu maka situasi tersebut disebut sebagai masalah *heteroskedastisitas*.

J. Model Binomial

Di pasar bebas, harga saham selalu bergerak naik atau turun seiring berjalannya waktu. Model Binomial dibangun dari kemungkinan dua arah perubahan ini. Misalkan harga awal saham saat opsi diterbitkan adalah S_0. Saham tersebut dapat mengalami kenaikan menjadi

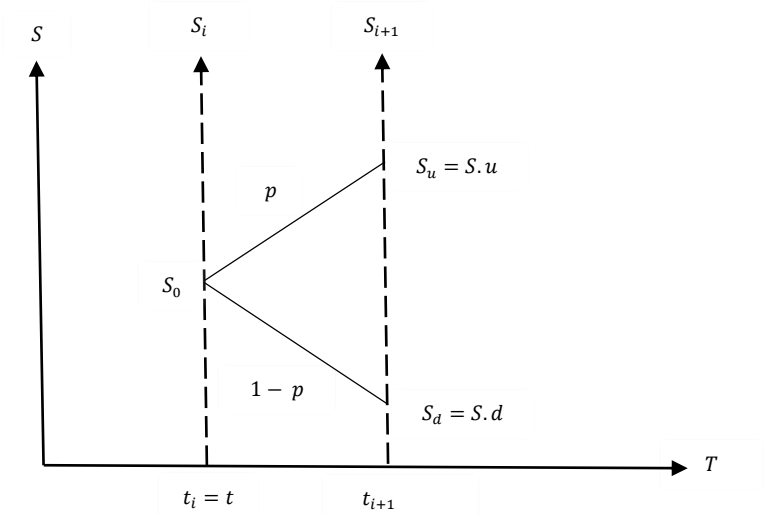
S_u dengan probabilitas p, atau menurun menjadi S_d dengan probabilitas $q = 1 - p$. Dengan demikian, nilai opsi pada waktu $t = 0$ adalah V_0, dan pada saat $t = T$, nilainya dapat meningkat menjadi u atau menurun menjadi d (Aziz, 2009).



Gambar 2. 1 Grafik Perubahan Harga Saham

Diharapkan pemodelan matematika akan membantu memahami dan memprediksi perubahan harga saham. Model binomial diawali dengan proses diskritisasi, yaitu mengubah waktu kontinu t menjadi bentuk diskrit dengan menyatakan waktu sebagai t_i. Garis-garis sejajar yang berjarak Δt merepresentasikan bidang koordinat antara harga saham (S, t). Nilai-nilai kontinu S_i pada setiap waktu $t = t_i$ digantikan dengan

nilai-nilai diskrit S_{ji} untuk semua pasangan *i* dan *j* yang relevan.



Gambar 2. 2 Struktur Hubungan dalam Model Binomial

Gambar 2.2 menggambarkan struktur hubungan dalam model binomial, yang menunjukkan transisi dari waktu t ke $t - \Delta t$, atau dari t_i ke t_{i+1}, dengan *i* sebagai indeks waktu. Di sini, T adalah waktu jatuh tempo, Δt adalah panjang interval waktu, S_0 adalah harga awal saham, Δt adalah $\frac{T}{n}$, t_i adalah i, Δt, untuk $i = 0,1, \dots, n$ sementara S_i menyatakan nilai saham pada waktu t_i, yaitu $S(t_i)$.

Sehingga, asumsi-asumsi yang digunakan dalam pemodelan ini adalah (Aziz,2009):

1. Harga saham awal setiap periode waktu Δt hanya dapat berubah dalam dua kemungkinan yaitu naik menjadi S_u atau turun menjadi S_d dengan $0 < d < u$. Di sini u dan d masing-masing merupakan faktor perubahan naik dan turun yang konstan untuk setiap Δt.
2. Probabilitas terjadinya kenaikan harga adalah p, sedangkan probabilitas penurunan harga adalah $1 - p$.
3. Dengan asumsi pergerakan acak kontinu dan suku bunga bebas risiko (r), ekspektasi dari harga saham S_i pada waktu ke- i akan menjadi nilai harga saham S_{i+1} pada waktu ke- $i + 1$ adalah

$$E(S_{i+1}) = S_i . e^{r\Delta t} \qquad (2.13)$$

Keterangan :

$E(S_{i+1})$: ekspektasi dari harga saham pada waktu ke- *i+1*

S_i : harga saham pada waktu ke- i

r : suku bunga bebas resiko

Δt : nilai delta t

Model binomial dengan n langkah merupakan pengembangan dari struktur model binomial satu, dua,

tiga, hingga empat langkah. Penentuan harga opsi dapat dilakukan setelah diperoleh nilai saham pada saat jatuh tempo. Untuk menghitung harga saham pada saat jatuh tempo, digunakan harga saham awal (S_0) dengan pendekatan model binomial.

Pada saat waktu jatuh tempo $T = n.\Delta t = t_n$ ada $n + 1$ kemungkinan harga saham yaitu $S_{(n,j)}$ dengan $j = 0,1,\dots,n$. Setiap kemungkinan nilai harga saham pada waktu jatuh tempo dalam model binomial dengan n langkah dapat dinyatakan sebagai berikut: (Maulida dkk, 2019):

$$S_{(n,j)} = S_0 u^j d^{n-j} \qquad (2.14)$$

Keterangan :

$S_{(n,j)}$: harga saham pada simpul atau node (n,j)

S_0 : harga saham awal

u : parameter kenaikan harga saham

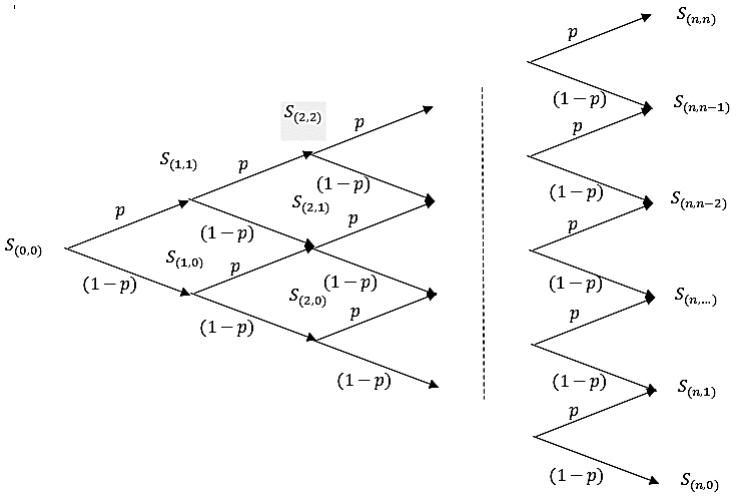
d : parameter penurunan harga saham

dengan peluang $\binom{n}{j} p^j (1-p)^{n-j}$ dengan $j = 0,1,\dots,n$.

Nilai *payoff* opsi waktu jatuh tempo t_n menjadi

$C_{(n,j)} = (S_{(n,j)} - K, 0)$ untuk opsi *call*

$P_{(n,j)} = (K - S_{(n,j)}, 0)$ untuk opsi *put*



Gambar 2. 3 Struktur Model Binomial n Langkah

Harga opsi pada waktu t_0 dalam model binomial diperoleh dari nilai opsi pada waktu t_i. Untuk opsi call, nilai opsi pada waktu t_i yang dilambangkan dengan $C_{(i,j)}$ dihitung sebagai nilai rata-rata tertimbang dari dua nilai opsi pada waktu t_{i+1} yaitu $C_{(i+1,j)}$ dan $C_{(i+1,j+1)}$ yang dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$C_{(i,j)} = e^{-r\Delta t}(pC_{(i+1,j+1)} + (1-p)C_{(i+1,j)}) \qquad (2.15)$$

Keterangan :

$C_{(i,j)}$: harga opsi *call*

r : suku bunga bebas resiko

Δt : nilai delta T

p : nilai peluang naik

$1-p$: nilai peluang turun

Dengan $i = n-1, n-2, \dots, 0$ dan $j = 0,1, \dots, i$.

Demikian pula, nilai opsi pada waktu t_i untuk opsi put, yang dilambangkan dengan $P_{(i,j)}$ diperoleh dari perhitungan rata-rata tertimbang antara dua nilai opsi pada waktu t_{i+1} yaitu $P_{(i+1,j)}$ dan $C_{(i+1,j+1)}$ yang dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$P_{(i,j)} = e^{-r\Delta t}(pP_{(i+1,j+1)} + (1-p)P_{(i+1,j)}) \qquad (2.16)$$

Keterangan :

$P_{(i,j)}$: harga opsi *put*

r : suku bunga bebas resiko

Δt : nilai delta T

p : nilai peluang naik

$1-p$: nilai peluang turun

Dengan $i = n-1, n-2, \dots, 0$ dan $j = 0,1, \dots, i$.

Parameter-parameter *p, d,* dan *u* yang belum diketahui dalam model binomial dapat ditentukan melalui tiga langkah utama, yaitu (Nadia dkk, 2018):

1. Menyesuaikan ekspektasi harga saham pada model diskrit dengan ekspektasi harga pada model kontinu.

2. Menyesuaikan variansi model diskrit dengan model kontinu.
3. Menetapkan relasi antara u dan d, yakni dengan mengasumsikan bahwa hasil perkalian antara faktor kenaikan dan penurunan harga saham memenuhi kondisi $u.d = 1$.

Ekspektasi harga saham ada akhir langkah dalam dunia nyata adalah

$$E(S_T) = S_0 e^{r\Delta t} \qquad (2.17)$$

Keterangan :

$E(S_T)$: ekspektasi harga saham

S_0 : harga saham awal

r : suku bunga bebas resiko

Δt : nilai delta t

Pada pohon binomial, ekspektasi harga saham adalah

$$E(S_T) = pS_0u + (1-p)S_0d$$

$$pS_0 + (1-p)S_0d = S_0e^{r\Delta t}$$

$$pS_0u + S_0d - pS_0d = S_0e^{r\Delta t}$$

$$pS_0(u-d) = S_0e^{r\Delta t} - S_0d$$

$$pS_0(u-d) = S_0(e^{r\Delta t} - d)$$

$$p = \frac{(e^{r\Delta t} - d)}{u-d} \qquad (2.18)$$

Volatilitas harga saham σ didefinisikan sehingga $\sigma\sqrt{\Delta t}$ adalah standar deviasi dan return harga saham pada periode waktu yang kecil Δt. Variansi dari return harga saham adalah $\sigma^2\Delta t$.

$$E(S_T) = pS_0u + (1-p)S_0d$$

$$E(S_T) = S_0[pu + (1-p)d]$$

$$S_0e^{r\Delta t} = S_0[pu + (1-p)d]$$

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

$$E(S_T) = pS_0u + (1-p)S_0d = S_0[pu + (1-p)d]$$

$$[E(S_T)]^2 = {S_0}^2[pu + (1-p)d]^2$$

$$\begin{aligned}[E(S_T)]^2 &= p(S_0u)^2 + (1-p)(S_0d)^2 \\ &= {S_0}^2[pu^2 + (1-p)d^2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[E(S_T)]^2 &= p(S_0u)^2 + (1-p)(S_0d)^2 \\ &= {S_0}^2[pu^2 + (1-p)d^2]\end{aligned} \qquad (2.19)$$

Pada pohon binomial, variansi harga saham adalah

$$\begin{aligned}Var\,(S_T) = \; & E\left({S_T}^2\right) - [E(S_T)]^2 \\ & = {S_0}^2[pu^2 + (1-p)d^2] \\ & - {S_0}^2[pu + (1-p)d]^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Var\,(S_T) = \; & E\left({S_T}^2\right) - [E(S_T)]^2 \\ & = \{pu^2 + (1-p)d^2 \\ & - [pu + (1-p)d]^2\}\end{aligned} \qquad (2.20)$$

Nilai ekspektasi return saham secara kontinu adalah

$$E(S_T) = S_0e^{r\Delta t}$$

$$E\left({S_T}^2\right) = {S_0}^2e^{(2r+\sigma^2)\Delta t}$$

$$[E(S_T)]^2 = {S_0}^2 e^{2r\Delta t}$$

$$[E(S_T)]^2 = {S_0}^2 e^{2r\Delta t} \qquad (2.21)$$

Variansi return saham secara kontinu

$$\begin{aligned} Var\,(S_T) = {} & E\left({S_T}^2\right) - [E(S_T)]^2 \qquad (2.22) \\ & = {S_0}^2 e^{(2r+\sigma^2)\Delta t} - {S_0}^2 e^{2r\Delta t} \\ & = {S_0}^2 e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) \\ {S_0}^2\{pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2\} & \\ & = {S_0}^2 e^{2\mu\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) \end{aligned}$$

$$\{pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2\} = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

Dengan menggunakan aproksimasi $e^x \approx 1 + x$ maka $e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$ dapat diubah menjadi

$$\begin{aligned} (1 + 2r\Delta t)(1 + \sigma^2\Delta t - 1) &= (1 + 2r\Delta t)(\sigma^2\Delta t) \qquad (2.23) \\ &= \sigma^2\Delta t + 2r(\Delta t)^2 \end{aligned}$$

Δt merupakan bilangan yang sangat kecil sehingga $(\Delta t)^2$ dianggap mendekati nol

Maka :

$$e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) = \sigma^2\Delta t \qquad (2.24)$$

$$pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

$$\begin{aligned} pu^2 + d^2 - pd^2 - p^2u^2 - 2p(1-p)ud - (1-p)^2d^2 & \\ = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pu^2 + d^2 - pd^2 - p^2u^2 - 2pud + 2p^2ud & \\ - (1 - 2p + p^2)d^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) & \end{aligned}$$

$$pu^2 + d^2 - pd^2 - p^2u^2 - 2pud + 2p^2ud - d^2 + 2pd^2 - p^2d^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

$$pu^2 + pd^2 - p^2u^2 - 2pud + 2p^2ud - p^2d^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

$$p(u^2 - 2ud + d^2) - p^2(u^2 - 2ud + d^2) = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

$$p(u-d)^2 - p^2(u-d)^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) \qquad (2.25)$$

Substitusi $p = \frac{(e^{r\Delta t} - d)}{u-d}$ pada persamaan diatas

$$\frac{e^{r\Delta t} - d}{u-d}(u-d)^2 - \left(\frac{e^{r\Delta t} - d}{u-d}\right)^2 (u-d)^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) \qquad (2.26)$$

$$(e^{r\Delta t} - d)(u-d) - \left(e^{r\Delta t} - d\right)^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

$$ue^{r\Delta t} - de^{r\Delta t} - ud + d^2 - e^{2r\Delta t} + 2de^{r\Delta t} - d^2 = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

$$e^{r\Delta t}(u+d) - ud - e^{2r\Delta t} = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right)$$

Diasumsikan bahwa $ud = 1$

$$e^{r\Delta t}(u+d) - 1 - e^{2r\Delta t} = e^{2r\Delta t}\left(e^{\sigma^2\Delta t} - 1\right) \qquad (2.27)$$

$$e^{r\Delta t}(u+d) - 1 - e^{2r\Delta t} = e^{2r\Delta t + \sigma^2\Delta t} - e^{2r\Delta t}$$

$$e^{r\Delta t}(u+d) - 1 = e^{2r\Delta t + \sigma^2\Delta t}$$

$$e^{r\Delta t}(u+d) - 1 = e^{(2r+\sigma^2)\Delta t}$$

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

$$u + d - e^{-r\Delta t} = e^{r\Delta t + \sigma^2 \Delta t}$$

$$u + \left(\frac{1}{u}\right) - e^{-r\Delta t} = e^{(r+\sigma^2)\Delta t}$$

$$u^2 + 1 - ue^{-r\Delta t} = ue^{(r+\sigma^2)\Delta t}$$

$$u^2 + 1 - ue^{-r\Delta t} - ue^{(r+\sigma^2)\Delta t} = 0$$

$$u^2 + 1 - u(e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t}) = 0$$

Misal $\beta = \left(\frac{1}{2}\right)(e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t})$

Maka :

$u^2 + 1 - 2u\beta = 0$

$u^2 - 2u\beta + 1 = 0$

Dengan menggunakan rumus ABC maka penyelesaian persamaan diatas adalah :

$$u = \beta \pm \sqrt{\beta^2 - 1}$$

dipilih nilai u yang positif sehingga

$$u = \beta + \sqrt{\beta^2 - 1} \qquad (2.28)$$

$$\beta = \left(\frac{1}{2}\right)(e^{-r\Delta t} + e^{(r+\sigma^2)\Delta t})$$

Dengan menggunakan aproksimasi pendekatan bilangan eksponensial

$e^x \approx 1 + x$ maka

$$\beta = \left(\frac{1}{2}\right)(1 - r\Delta t + 1 + (r + \sigma^2)\Delta t)$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(1 - r\Delta t + 1 + r\Delta t + \sigma^2\Delta t)$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(2 + \sigma^2\Delta t)$$

$$\beta = 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t \qquad (2.29)$$

Dengan substitusi $\beta = 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t$ kepersamaan u sehingga

$$u = 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t + \sqrt{\left(1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t\right)^2 - 1} \qquad (2.30)$$

$$= 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t + \sqrt{1 + \sigma^2\Delta t + \frac{1}{4}\sigma^4(\Delta t)^2 - 1}$$

$$= 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t + \sqrt{\sigma^2\Delta t + \frac{1}{4}\sigma^4(\Delta t)^2}$$

Δt merupakan bilangan yang sangat kecil sehingga $(\Delta t)^2$ dianggap mendekati nol

$$= 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t + \sqrt{\sigma^2\Delta t} = 1 + \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}$$

$$u = 1 + \sigma\sqrt{\Delta t} = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \qquad (2.31)$$

Karena

$$d = \frac{1}{u} \qquad (2.32)$$

Maka

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \qquad (2.33)$$

K. Opsi Amerika

Berdasarkan hak yang diberikan kepada pemiliknya untuk membeli atau menjual suatu aset, opsi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu opsi *call* dan *put*. Opsi *call* memberi hak kepada pemiliknya untuk membeli suatu aset pada harga yang telah ditetapkan (*strike price*) dalam kurun waktu yang telah ditentukan sesuai dengan isi kontrak. Opsi *put* memberikan hak kepada pemegangnya untuk menjual aset, dan mewajibkan penerbit opsi untuk membeli aset tersebut jika hak tersebut dilaksanakan. Pada opsi *call* tipe Amerika, pemegang opsi memiliki fleksibilitas untuk melaksanakan hak belinya kapan saja sebelum atau tepat pada saat jatuh tempo. Apabila opsi *call* Amerika dieksekusi, maka pemilik opsi akan memperoleh *payoff* sebesar selisih antara harga pasar aset dan harga pelaksanaan (*strike price*), selama nilai tersebut positif (Higham, 2004):

$$C = maks(S_t - K, 0) \qquad (2.34)$$

Disini berarti C merupakan nilai maksimum antara nilai saham saat t (S_t) dikurangi harga kontrak (K) dibandingkan dengan 0. Sementara itu, pada opsi *put*

tipe Amerika, jika pemegang opsi memutuskan untuk mengeksekusinya, maka *payoff* yang diperoleh adalah sebesar:

$$P = maks(K - S_t, 0) \qquad (2.35)$$

Keterangan:

S_t = harga saham ketika waktu jatuh tempo

K = harga kontrak

C = payoff opsi *call*

P = payoff opsi *put*

Opsi Amerika memiliki fleksibilitas dalam hal waktu pelaksanaan (*exercise*), yaitu dapat dieksekusi kapan saja selama kontrak masih berlaku. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan di setiap simpul untuk menentukan apakah pelaksanaan opsi lebih menguntungkan atau tidak. Dengan demikian, perlu dipertimbangkan kemungkinan untuk mengeksekusi opsi, sehingga nilai $C_{(n,j)}$ harus dibandingkan dengan nilai intrinsiknya. Maka, diperoleh rumus sebagai berikut:

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.14) dengan (2.33) dan (2.15) dengan (2.34) diperoleh rumus opsi *call* dan opsi *put* (Pramuditya, 2016):

$$C_{(i,j)} = maks\left(maks(S_t - K, 0), e^{-r\Delta t}\left(pC_{(i+1,j+1)} + (1-p)C_{(i+1,j)}\right)\right) \quad (2.36)$$

$$P_{(i,j)} = maks\left(maks(K - S_t, 0), e^{-r\Delta t}\left(pP_{(i+1,j+1)} + (1-p)P_{(i+1,j)}\right)\right) \quad (2.37)$$

Keterangan :

$C_{(i,j)}$: harga opsi *call*

$P_{(i,j)}$: harga opsi *put*

S_t : harga saham awal

K : harga kontrak

r : suku bunga bebas resiko

Δt : nilai delta T

p : nilai peluang naik

$1-p$: nilai peluang turun

Disini berarti nilai $C_{(i,j)}$ merupakan nilai maksimum dari *payoff* dan rumus opsi.

L. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Perhitungan hasil peramalan penting dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana hasil prediksi mendekati nilai aktual. Dalam penelitian ini, tingkat kesalahan peramalan (*forecast error*) akan diukur

menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yaitu metode pengukuran akurasi yang menghitung rata-rata persentase penyimpangan antara nilai hasil peramalan dan data aktual (Astuti dkk,2018). Salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan dalam prediksi (*forecast error*) adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), atau dikenal juga sebagai kesalahan absolut dalam bentuk persentase. MAPE dihitung dengan mengambil persentase dari *Absolute Percentage Error* (APE) untuk setiap periode, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai keseluruhan MAPE (Hendriani dkk, 2017). Rumus MAPE sebagai berikut :

$$APE = \left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \times 100\% \qquad (2.38)$$

$$MAPE = \frac{|\sum APE|}{n} \qquad (2.39)$$

Keterangan :

$A_t =$ nilai aktual pada waktu ke t

$F_t =$ nilai prediksi pada waktu ke t

$n =$ banyak data

MAPE digunakan untuk menilai keakuratan hasil prediksi dengan menghitung rata-rata persentase kesalahan antara data aktual dan data hasil peramalan. Sebagai alat evaluasi dalam proses prediksi, MAPE mengukur tingkat akurasi model terhadap data deret waktu dan disajikan dalam bentuk persentase. Semakin kecil nilai MAPE, semakin dekat hasil prediksi dengan data sebenarnya. Suatu model prediksi dianggap memiliki akurasi sangat baik jika MAPE berada di bawah 10%, dan dikategorikan baik jika MAPE berada dalam rentang 10% hingga 20% (Zainun & Majid, 2003).

Interpretasi tingkat akurasi berdasarkan nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Lewis, 1982).

Tabel 2. 2 Interpretasi Nilai MAPE

MAPE (%)	Interpretasi
<10%	Prediksi sangat akurat
10-20%	Prediksi yang baik
20-50%	Prediksi yang layak
>50%	Prediksi yang tidak akurat

M. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang dikaji didalam penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Siti Rahayu Ningsih dkk (2019)

   Model GARCH dapat digunakan untuk menangkap volatilitas asimetris, yang disebut efek *leverage*. Tujuan dari ini penelitian adalah menentukan model terbaik antara model GARCH *eksponensial* dan model *threshold* GARCH, dan untuk mengetahui hasil peramalan volatilitas indeks saham dengan menggunakan model terbaik. Itu penelitian menunjukkan bahwa model terbaik untuk memprediksi volatilitas adalah EGARCH, karena memiliki nilai AIC terkecil dibandingkan dengan model lainnya. Kemudian peramalan volatilitas indeks saham menggunakan EGARCH menunjukkan bahwa volatilitas meningkat dari periode pertama

hingga periode keempat belas, ini berarti volatilitasnya tinggi. Persamaan dari penelitian ini adalah keduanya menggunakan pemodelan volatilitas GARCH. Perbedaan penelitian ini adalah penelitian sebelumnya membahas mengenai peramalan volatilitas dengan GARCH sedangkan pada penelitian yang akan peneliti lakukan adalah membahas mengenai penentuan opsi dengan volatilitas model GARCH.

2. Rahmaniar Dwinta Kusuma (2015)

   Penelitian terdahulu yang bekaitan dengan model GARCH adalah penentuan harga opsi *call* amerika dengan volatilitas model GARCH menggunakan simulasi studi kasus. Hal yang membedakan penelitian yang sedang peneliti lakukan dengan penelitian ini adalah terkait dengan opsi yang diteliti, penelitian terdahulu hanya meneliti mengenai penentuan harga opsi *put* saja sedangkan pada penelitian ini akan meneliti mengenai penentuan harga opsi *put* dan opsi *call* dengan menggunakan volatilitas model GARCH.

   Opsi adalah salah satu jenis investasi di lembaga keuangan. Opsi adalah kontrak yang memberikan

hak kepada pemiliknya untuk membeli atau menjual sejumlah saham tertentu dari saham perusahaan tertentu pada harga tertentu dalam jangka waktu tertentu yang berlawanan dengan *anleihe*. Harga opsi pada umumnya telah berubah dari waktu ke waktu hingga saat ini. Model BSM dengan volatilitas konstan dan pengembalian lognormal biasanya digunakan untuk menghitung harga opsi, meskipun dalam praktiknya, model ini cenderung menghasilkan data keuangan yang tidak akurat. Untuk data keuangan dengan kelompok volatilitas, model GARCH yang umum sering digunakan. Harga opsi, yang sebanding dengan harga opsi di pasar, diperoleh dengan menerapkan pendekatan simulasi terhadap volatilitas model GARCH. Persamaan dalam penelitian ini adalah keduanya meneliti mengenai penentuan harga opsi Amerika. Perbedaan dalam penelitian ini adalah pada penelitian sebelumnya hanya meneliti openentuan harga opsi put saja sedangkan pada penelitian sekarang akan diteliti mengenai penentuan harga opsi *put* dan opsi *call* Amerika.

3. Setiati Utami Adiningsih (2021)

   Volatilitas merupakan keadaan yang sulit untuk dihindari di pasar saham. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan dan peramalan volatilitas return saham di pasar saham Asia menggunakan GARCH model. Penting untuk dicatat bahwa statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan dari imbal hasil pasar saham Asia yang ditentukan dengan menggunakan teknik *stocastic*. Model *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) simetri dan model *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (TGARCH) tidak simetri, keduanya menggunakan perangkat lunak Eviews 10, merupakan teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa semua pasar saham di Asia memiliki sifat volatilitas *clustering*, model GARCH menunjukan bahwa pasar saham di Asia dipengaruhi oleh guncangan dan volatilitas pada periode sebelumnya dan model TGARCH menunjukkan bahwa pasar saham asia memiliki pengaruh asimetris terhadap guncangan negatif

(*bad news*). Hasil peramalan selama lima tahun ke depan menunjukkan pasar saham Vietnam dan Thailand merupakan pasar yang paling *volatile* dan memiliki risiko tinggi sedangkan pasar saham Jepang merupakan pasar saham yang paling stabil. Persamaan pada penelitian ini adalah keduanya menggunakan model GARCH. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada penelitian sebelumnya meneliti mengenai akualisasi model GARCH dan peramalan volatilitas return saham Asia, sedangkan pada penelitian kali ini akan diteliti mengenai penentuan harga opsi.

4. Junarsih(2017)

   Kemampuan untuk mendapatkan solusi numerik untuk nilai opsi *put* Amerika diselidiki dalam penelitian ini. Penentuan nilai opsi *put* Amerika dengan menggunakan model trinomial Kamrad-Ritchken merupakan fokus dari proses pemecahan masalah. Asumsi yang mendasari Model *Trinomial Kamrad Rithken* adalah bahwa harga saham yang mendasari dapat berubah-ubah dan stabil. Dua komponen utama dari metodologi ini adalah Model-*Aktiva-Preis diskrit* dan *Zinssatz* bebas risiko. Kasus

yang menjadi dasar penelitian ini adalah menentukan nilai opsi *put* Amerika 130 hari dengan harga saham awal (*S0*) sebesar 52,58, harga kontrak (*K*) sebesar 52, suku bunga tahunan (*r*) sebesar 0,0665, dan volatilitas (*sigma*) sebesar 0,2188 selama 130 titik data untuk mencapai nilai opsi sebesar 2,3112. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada model yang digunakan.

5. Chalimatusadiah dkk (2021)

   Salah satu tantangan utama dalam perdagangan opsi adalah menentukan harga jual opsi secara optimal. Dalam praktiknya, fluktuasi harga aset di pasar menunjukkan bahwa volatilitas tidak bersifat konstan, sehingga menyulitkan investor dalam penetapan harga opsi yang akurat. Artikel ini membahas pendekatan penentuan harga opsi Eropa yang optimal dengan mempertimbangkan volatilitas stokastik, menggunakan metode simulasi Monte Carlo. Selain itu, artikel ini juga mengevaluasi pengaruh harga saham awal, harga strike, dan waktu jatuh tempo terhadap nilai opsi Eropa. Model volatilitas stokastik yang digunakan adalah model

Heston, yang mengasumsikan bahwa harga saham S_t mengikuti distribusi log-normal, sementara volatilitas V_t dimodelkan dengan proses *Cox-Ingersoll-Ross*. Perbedaan utama dalam penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu terletak pada jenis model volatilitas yang digunakan.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

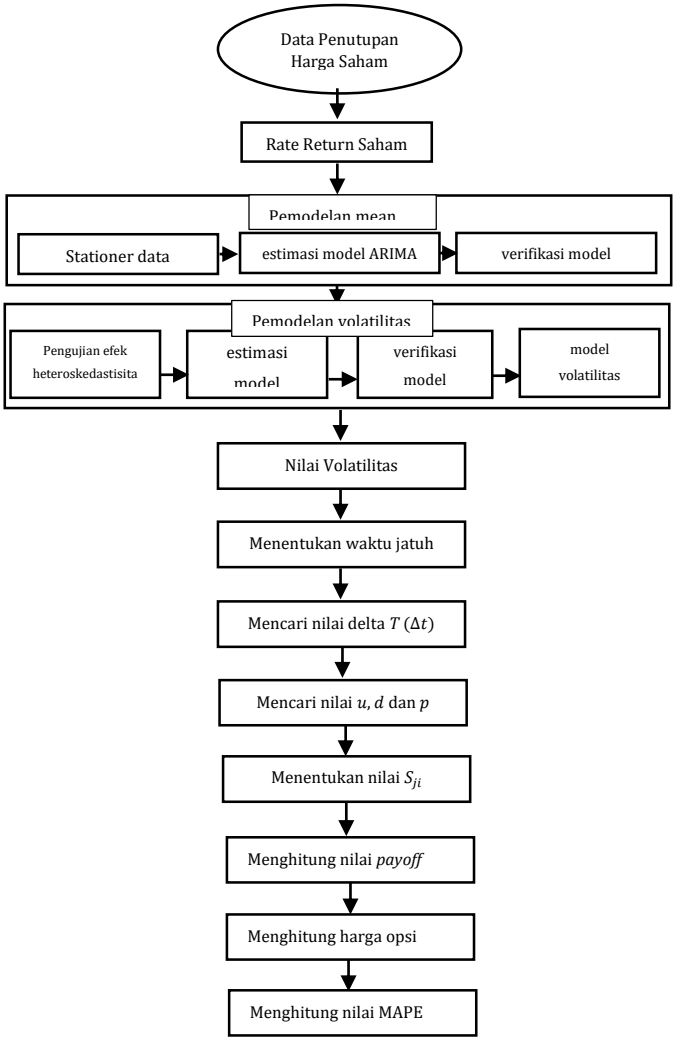
Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan, yaitu suatu penelitian yang dilakukan untuk mengimplementasikan hasil guna memecahkan masalah tertentu (Cooper dan Schindler, 2003). Penelitian yang digunakan adalah studi kasus yang memanfaatkan data *time series* dan model volatilitas GARCH.

B. Sumber Data

Untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini digunakan metode dokumentasi. Pencarian data meliputi penelusuran data sekunder melalui pencarian di *website* https://finance.yahoo.com/ dan referensi kepustakaan. Data sekunder adalah data yang dikumpulkan dari data yang telah ada sebelumnya. Data yang diambil meliputi data harga saham saat ini (S_0), waktu jatuh tempo (T), dan harga penutupan saham Microsoft corporation terakhir periode 29 April 2022-1 Mei 2025. Data suku bunga bebas resiko (r) diperoleh dari *website* https://www.global-rates.com/.

C. Diagram Penelitian

Berikut alur penelitian perhitungan harga opsi



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

D. Analisis Data

Setelah pengumpulan data, analisis data melibatkan melakukan perhitungan untuk mengatasi masalah yang dihadapi (Sugiyono, 2019). Penentuan harga opsi Amerika menggunakan volatilitas model GARCH adalah subjek dari penelitian ini. Langkah- langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data penutupan harga saham

   Mengambil data penutupan harga saham saham microsoft corporation pada *website yahoo finance*

2. Rate return saham

   Menghitung nilai return saham Microsoft corporation dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.1):

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

   Keterangan :

   R_t : return saham saat t

   S_t : harga saham saat t

   S_{t-1} : harga saham saat t-1

3. Pemodelan mean

   a. Stationer data

Menguji kestationeritasan data dengan menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF) dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$.

b. Estimasi model

mengedintifikasi model ARMA yang mungkin dengan melihat plot ACF dan PACF dari data return.

c. Verifikasi model

menentukan model yang paling cocok dengan melihat model yang memiliki nilai AIC dan SC terkecil sehingga didapatkan model terbaik.

4. Pemodelan volatilitas

a. Pengujian efek GARCH

Dilakukan pengujian efek heteroskedastisitas dalam residual dari model yang telah diperoleh.

b. Estimasi model

mengidentifikasi model volatilitas GARCH dengan melihat *correlogram square residual* sehingga didapatkan model volatilitas sementara. Setelah asumsi adanya efek *heteroskedastisitas* terpenuhi, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi model yang sesuai dan mengestimasi parameter dari

beberapa model yang diajukan. Setelah parameter berhasil diestimasi, dilakukan uji diagnostik terhadap masing-masing model untuk mengevaluasi kecocokannya.

c. Verifikasi model

berdasarkan hasil dari estimasi model kemudian didapatkan model terbaik yang akan digunakan untuk peramalan.

d. Model volatilitas (GARCH)

didapatkan model GARCH yang akan digunakan untuk peramalan dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.12).

5. Nilai Volatilitas

Menghitung nilai volatilitas dari hasil peramalan yang telah dilakukan untuk mendapatkan nilai volatilitasnya kemudian digunakan untuk menghitung harga opsi dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.10).

6. Menentukan waktu jatuh tempo (T)

Menentukan waktu jatuh tempo dengan cara menghitung minimal 30 hari dari harga saham saat ini. Kemudian diubah menjadi T tahun dengan cara dibagi 365 (jumlah hari dalam 1 tahun).

7. Mencari nilai delta T (Δt)

   Menghitung nilai delta $T(\Delta t)$ dengan menggunakan rumus:

$$\Delta t = \frac{T}{n}$$

   Keterangan :

   Δt : nilai delta t

   T : waktu jatuh tempo

   n : banyak data

8. Mencari nilai u, d dan p

   Mencari nilai u dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.31):

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

   Keterangan :

   u : parameter kenaikan harga saham

   σ : nilai volatilitas

   rumus untuk mencari nilai d pada persamaan (2.32):

$$d = \frac{1}{u}$$

   Keterangan :

   d : parameter penurunan harga saham

   Rumus untuk mencari nilai peluang perubahan naik (p) pada persamaan (2.18):

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

9. Menentukan nilai S_{ji}

   Menghitung nilai S_{ji} dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.14):

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j}$$

   Keterangan :

   S_{ji} : harga saham pada simpul atau node (*j,i*)

   S_0 : harga saham awal

   j : $0,1,\ldots,i+(i+1)$ yang menunjukan indeks kenaikan harga saham.

   i : $N-1, N-2, \ldots, 1, 0$ yang menunjukan interval waktu.

10. Menghitung payoff

    Rumus untuk menghitung payoff Opsi *call* pada persamaan (2.34):

$$C = maks(S_{ji} - K, 0)$$

    Rumus untuk menghitung payoff Opsi *put* pada persamaan (2.35):

$$P = maks(K - S_{ji}, 0)$$

    Keterangan :

    C : nilai payoff *call*

    P : nilai payoff *put*

S_t : harga saham awal

K : harga kontrak

11. Penentuan harga opsi

    Menghitung harga opsi *call* dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.36):

$$C_{(i,j)} = maks\left(maks(S_t - K, 0), e^{-r\Delta t}\left(pC_{(i+1,j+1)} + (1-p)C_{(i+1,j)}\right)\right)$$

12. Menghitung harga opsi *put* dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.37):

$$P_{(i,j)} = maks\left(maks(S_t - K, 0), e^{-r\Delta t}\left(pP_{(i+1,j+1)} + (1-p)P_{(i+1,j)}\right)\right)$$

    Keterangan :

    r : suku bunga bebas resiko

    Δt : nilai delta T

    p : nilai peluang naik

    $1-p$: nilai peluang turun

13. Menghitung nilai MAPE

    Menghitung nilai MAPE ntuk mengetahui nilai ke akurat an suatu model dengan menggunakan persamaan (2.38) dan (2.39).

BAB IV

PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Harga Saham

Data yang akan digunakan dalam penlitian ini adalah data penutupan harga saham Microsoft Corporation sebanyak 753 data dengan periode 2 tahun. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan selengkapnya pada lampiran 1.

Tabel 4. 1 Harga Penutupan Saham Microsoft Corporation

t	**Tanggal**	**Harga Penutupan Saham**
0	29/04/2022	277,52
1	02/05/2022	284,47
2	03/05/2022	281,78
3	04/05/2022	289,98
⋮	⋮	⋮
751	29/04/2025	394,04
752	30/04/2025	395,26
753	01/05/2025	425,40

Sumber: http://www.finance.yahoo.com

2. Return Harga Saham Microsoft Corporation

Untuk mencari harga opsi kita perlu mencari nilai return dari suatu saham terlebih dahulu. Untuk mencari nilai return dapat diselesaikan dengan rumus pada persamaan (2.1) sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

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

Untuk t = 1 maka:

$$R_1 = ln\frac{284{,}47}{277{,}52} = 0{,}024735$$

Untuk t = 2 maka:

$$R_2 = ln\frac{281{,}78}{284{,}47} = -0{,}00950$$

Untuk t = 3 maka:

$$R_3 = ln\frac{289{,}98}{281{,}78} = 0{,}028685$$

$\vdots$

Untuk t = 751 maka:

$$R_{751} = \frac{394{,}04}{391{,}16} = 0{,}007336$$

Untuk t = 752 maka:

$$R_{752} = \frac{395{,}26}{394{,}04} = 0{,}003091$$

Untuk t = 753 maka:

$$R_{753} = \frac{425{,}2}{395{,}26} = 0{,}073486$$

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Return Harga Saham Microsoft Corporation

t	**Harga Penutupan Saham**	**Return Saham**
0	277,52	-
1	284,47	0,02473
2	281,78	-0,0095
3	289,98	0,02869
⋮	⋮	⋮
751	394,04	0,007336
752	395,26	0,003091
753	425,4	0,073486

Untuk perhitungan lebih lengkap pada lampiran 2.

3. Stationeritas

   Pada pengujian data *time series* terutama untuk model GARCH diperlukan adanya asumsi bahwa data tersebut stationer, maka langkah awal untuk melakukan estimasi model dari data *time series* adalah uji stationeritas data dengan menggunakan bantuan software R Studio. Data dikatakan stationer apabila probabilitasnya kurang dari 5%, maka dengan itu dapat dilakukan estimasi selanjutnya.

Untuk menguji stationeritas data, penelitian ini menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).

Hipotesis:

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 \dots \alpha_p = 0$ (tidak stationer)

$H_1: \exists\, \alpha_i \neq 0, i = 1,2 \dots, p$ (stationer)

Taraf signifikasi atau α = 0,05

```
        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  DATARETURN$RETURN
Dickey-Fuller = -8.6522, Lag order = 9, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

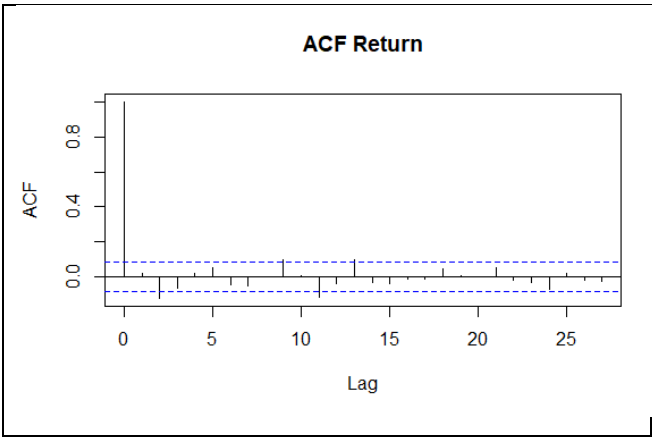
Gambar 4. 1 Uji Augmented Dickey-Fuller

Dari gambar diatas diperoleh p-value sebesar 0,01 < 0,05 maka H_0ditolak dan H_1 diterima yang berarti bahwa data stationer.

4. Identifikasi model

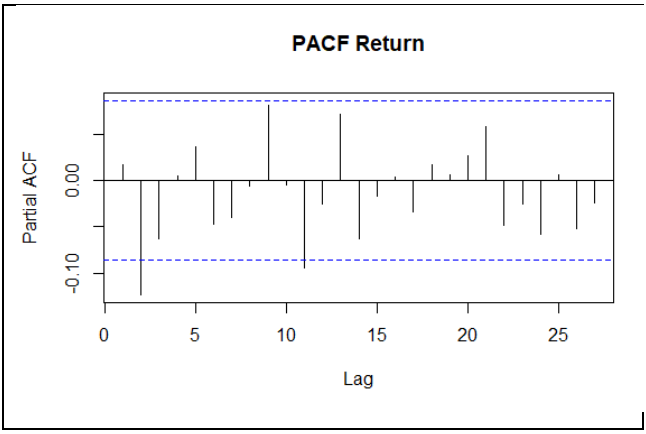
   Untuk mengidentifikasi model ARMA suatu data *time series* dapat dilakukan dengan melihat correlogram, yaitu grafik yang menunjukkan nilai *autocorrelation function* (ACF) dan *partial autocorrelation function* (PACF) pada berbagai lag dengan menggunakan bantuan software R Studio. Berikut plot ACF dan PACF dari data return.

Plot ACF



Gambar 4. 2 Plot ACF

Plot PACF



Gambar 4. 3 Plot PACF

Berdasarkan gambar diatas, hasil dari plot ACF dan PACF menunjukkan nilai ACF dan PACF memotong

setelah lag-1. Jadi model ARMA yang teridentifikasi adalah model AR (1), MA (1), dan ARMA (1,1). Setelah mengidentifikasi model selanjutnya dilakukan estimasi model ARMA.

5. Estimasi parameter model ARMA

   Setelah melakukan identifikasi model ARMA, langkah selanjutnya yaitu identifikasi model. Pada tahap identifikasi model dicari model terbaik dengan melihat nilai AIC yang terkecil untuk mengetahui kelayakan model yang didapatkan dari output program R Studio pada lampiran 4. Berikut estimasi dari model-model ARMA ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4. 3 Estimasi Model ARMA

MODEL	Parm.	Koef.	p-value	AIC
AR (1)	μ	0,0065	0,06300	-3966,31
	φ_1	0,0369		
MA (1)	μ	0,0078	0,06326	-3966,32
	θ_1	0,0405		
ARMA(1,1)	μ	-0,9165	0,09436	-3965,92
	φ_1	0,0659		

Bersadarkan tabel diatas diperoleh nilai AIC terkecil -3966,32 yaitu model MA (1) dengan nilai parameter yang signifikan (nilai p-value < 1%) maka hasil estimasi model ARMA pada tabel diperoleh persamaan model MA (1)

6. Uji Lagrange Multiplier (LM) terhadap adanya pengaruh ARCH

   Untuk melakukan pengujian adanya pengaruh ARCH/GARCH terhadap model yang telah didapat dengan menggunakan bantuan software R Studio yaitu model MA (1) dapat dilakukan uji ARCH-LM.

   Hipotesis:

   H_0 : varians residual konstan (tidak ada unsur ARCH)

   H_1 : varians residual tidak konstan (ada unsur ARCH)

   Taraf signifikasi atau $\alpha = 0{,}05$

   Berikut merupakan hasil dari uji ARCH-LM yang disajikan pada gambar berikut:

```
        ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects

data:  resid001
Chi-squared = 23.649, df = 12, p-value = 0.0227
```

Gambar 4. 4 Hasil Uji Efek ARCH

Berdasarkan uji ARCH–LM didapatkan nilai p-value < α yaitu 0,0227 < 0,05. Sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Maka artinya terdapat unsur ARCH, sehingga dapat dilakukan langkah selanjutnya.

7. Pendugaan parameter GARCH

   Hasil dari pendugaan parameter GARCH dengan menggunakan bantuan software R Studio dengan variabel dependen data return ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Pendugaan Parameter GARCH

NO	MODEL	PARA-METER	ESTIMASI PARAMETER	SIC
1	GARCH	α_0	$1{,}739 \times 10^{-6}$	$-5{,}339480$
	(1,1)	α_1	$2{,}353 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$9{,}713 \times 10^{-1}$	
2	GARCH	α_0	$4{,}064 \times 10^{-6}$	$-5{,}342381$
	(1,2)	α_1	$4{,}655 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$2{,}250 \times 10^{-2}$	
		λ_2	$9{,}184 \times 10^{-1}$	
3	GARCH	α_0	$1{,}694 \times 10^{-6}$	$-5{,}337636$
	(2,1)	α_1	$9{,}108 \times 10^{-3}$	
		α_2	$1{,}499 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$9{,}710 \times 10^{-1}$	

4	GARCH	α_0	$1{,}694 \times 10^{-6}$	$-5{,}335025$
	(2,2)	α_1	$9{,}017 \times 10^{-3}$	
		α_2	$1{,}499 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$9{,}710 \times 10^{-1}$	
		λ_2	$1{,}000 \times 10^{-8}$	
5	GARCH	α_0	$1{,}888 \times 10^{-6}$	$-5{,}332844$
	(2,3)	α_1	$5{,}939 \times 10^{-3}$	
		α_2	$2{,}114 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$9{,}070 \times 10^{-1}$	
		λ_2	$1{,}000 \times 10^{-8}$	
		λ_3	$6{,}040 \times 10^{-2}$	
6	GARCH	α_0	$1{,}708 \times 10^{-6}$	$-5{,}335426$
	(3,1)	α_1	$7{,}607 \times 10^{-3}$	
		α_2	$1{,}099 \times 10^{-2}$	
		α_3	$5{,}642 \times 10^{-3}$	
		λ_1	$9{,}707 \times 10^{-1}$	
7	GARCH	α_0	$3{,}930 \times 10^{-6}$	$-5{,}338382$
	(3,2)	α_1	$1{,}791 \times 10^{-2}$	
		α_2	$1{,}000 \times 10^{-8}$	
		α_3	$3{,}022 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$2{,}528 \times 10^{-2}$	
		λ_2	$9{,}146 \times 10^{-1}$	
8	GARCH	α_0	$4{,}231 \times 10^{-6}$	$-5{,}332164$
	(3,3)	α_1	$9{,}487 \times 10^{-3}$	

		α_2	$1{,}000 \times 10^{-8}$	
		α_3	$4{,}937 \times 10^{-2}$	
		λ_1	$1{,}000 \times 10^{-8}$	
		λ_2	$4{,}437 \times 10^{-1}$	
		λ_3	$4{,}848 \times 10^{-1}$	

Berdasarkan tabel 4.4 diatas diperoleh nilai parameter yang signifikan GARCH (1,2) karena mempunyai nilai SIC terkecil. Jadi, model pendugaan parameter GARCH yang digunakan adalah model MA (1) dan GARCH (1,2).

Dari tabel diperoleh persamaan GARCH (1,2) adalah:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \lambda_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \lambda_p \sigma_{t-p}^2$$

$$\sigma_t^2 = 4{,}064 \times 10^{-6} + 4{,}655 \times 10^{-2} \varepsilon_{t-1}^2 + 2{,}250 \times 10^{-2} \sigma_{t-1}^2 + 9{,}184 \times 10^{-1} \sigma_{t-2}^2$$

8. Perhitungan Volatilitas

Langkah selanjutnya dalam pembentukkan model adalah menentukan volatilitas. Dari tabel 4.4 telah diperoleh model yang akan digunakan adalah GARCH (1,2). Selanjutnya akan dihitung nilai kondisional varians α_{523}^2 sebagai berikut:

$$\sigma_t^2 = 4{,}064 \times 10^{-6} + 4{,}655 \times 10^{-2}\varepsilon_{t-1}^2 + 2{,}250 \times 10^{-2}\sigma_{t-1}^2 + 9{,}184 \times 10^{-1}\sigma_{t-2}^2$$

$$\sigma_{523}^2 = 4{,}064 \times 10^{-6} + 4{,}655 \times 10^{-2}\varepsilon_{522}^2 + 2{,}250 \times 10^{-2}\sigma_{522}^2 + 9{,}184 \times 10^{-1}\sigma_{521}^2$$

$$\sigma_{523}^2 = 4{,}064 \times 10^{-6} + 4{,}655 \times 10^{-2}(0{,}002470581) + 2{,}250 \times 10^{-2}(0{,}0003514543) + 9{,}184 \times 10^{-1}(0{,}0005599384)$$

$$\sigma_{523}^2 = (4{,}064 \times 10^{-6}) + (1{,}15 \times 10^{-4}) + (7{,}91 \times 10^{-6}) + (5{,}14 \times 10^{-4})$$

$$\sigma_{523}^2 = 0{,}000640974$$

Jadi, nilai variansi ke-523 adalah

$$\sigma_{523}^2 = 0{,}000640974$$

Sehingga nilai volatilitasnya adalah

$$\sigma = \sqrt{0{,}000640974 \times 252}$$

$$\sigma = 0{,}401902281$$

9. Menentukan nilai waktu jatuh tempo (T) dan Δt

   a. Waktu jatuh tempo (T)

      Pada penelitian ini waktu jatuh tempo yang digunakan adalah 01 Mei 2025 – 15 Agustus 2025 (106 hari)

      T tahun = $\frac{106}{365} = 0{,}2904109589041$ tahun

b. Nilai Δt

Apabila dalam penelitian ini menggunakan waktu jatuh tempo $T = 0{,}2904109589041$ tahun dan banyak langkah (N) yang digunakan adalah N=6 (untuk contoh perhitungan manual) serta N=100 (untuk perhitungan yang sebenarnya) sehingga dapat diketahui nilai perhitungan dari Δt

Tabel 4. 5 Perhitungan nilai Δt

T (tahun)	N	Δt
0,2904109589041	6	0,048401826484
0,2904109589041	100	0,0029041095

10. Menentukan nilai u,d, p

Pada perhitungan harga opsi dengan model binomial dibutuhkan beberapa faktor dasar untuk melakukan perhitungan. Faktor-faktortersebut yaitu volatilitas harga saham (σ), harga saham saat ini (S_0), tingkat bunga bebas risiko (r), waktu jatuh tempo (T), zjumlah periode (n), dan *strike price* (K).

a. Berdasarkan perhitungan volatilitas dengan model GARCH telah didapatkan nilai volatilitas $\sigma = 0{,}401902281$

b. Berdasarkan tabel data diperoleh nilai harga saham saat ini yaitu pada tanggal 1 Mei 2025 sebesar $S(0) = \$425{,}4$

c. Tingkat suku Bungan bebas resiko pada bulan Mei 2025 adalah sebesar 4,50% maka $r = 0{,}045$.

d. Nilai strike price (K) diperoleh dari laman situs yahoo finance periode 1 Mei 2025 yaitu \$395 sebagai harga kesepakatan untuk perhitungan saham.

Selanjutnya perhitungan untuk menentukan harga opsi *put* dan opsi *call* dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya sebagai berikut.

(1) Menentukan Parameter Kenaikan Harga Saham (u) dan Parameter Penurunan Harga Saham (d)
Parameter kenaikan harga saham dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut sehingga untuk T = 0,2904109589041 tahun diperoleh.

$$u = e^{\sigma_t^2\sqrt{\Delta t}}$$

$$u = e^{0{,}401902281\sqrt{0{,}048401827}}$$

$$u = e^{0{,}088420171}$$

$$u = 1{,}092447040$$

Selanjutnya, parameter penurunan harga saham dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$d = e^{-\lambda\sigma\sqrt{\Delta t}}$ atau $d = \frac{1}{e^{\lambda\sigma\sqrt{\Delta t}}} = \frac{1}{u}$

$d = \frac{1}{1{,}092447040}$

$d = 0{,}915376182$

(2) Menentukan peluang perubahan naik dan peluang perubahan turun

Untuk menentukan peluang perubahan harga naik dapat digunakan persamaan (2.36) sehingga untuk T = 0,2904109589041 tahun diperoleh nilai sebagai berikut.

$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{\mathrm{u} - d}$

$p = \frac{e^{(0{,}045)(0{,}048401826484)} - 0{,}915376182}{1{,}092447040 - 0{,}915376182}$

$p = \frac{e^{(0{,}00217808219178)} - 0{,}915376182}{1{,}092447040 - 0{,}915376182}$

$p = \frac{1{,}0021804559 - 0{,}915376182}{1{,}092447040 - 0{,}915376182}$

$p = \frac{0{,}086804274}{0{,}177070858}$

$p = 0{,}490223377$

Sementara itu untuk menentukan nilai peluang perubahan turun dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

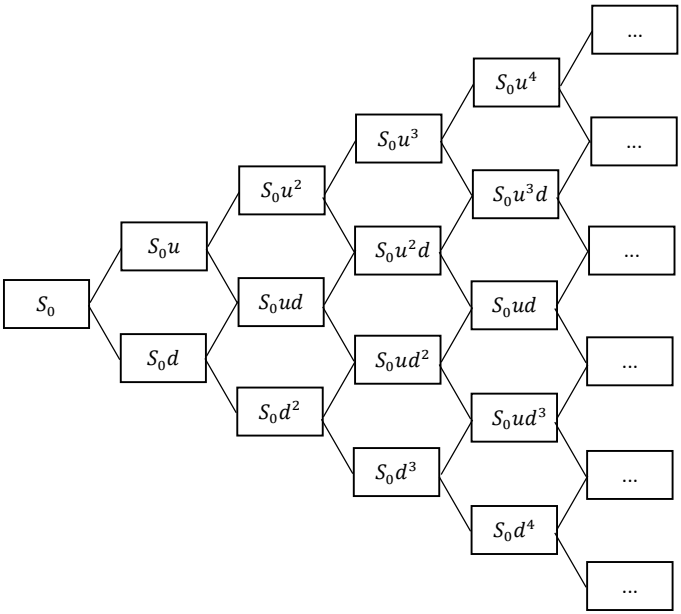
$$q = 1 - p$$

$$q = 1 - 0{,}490223377$$

$$q = 0{,}509776623$$

11. Menentukan Harga Saham pada Simpul atau Node (i, j)

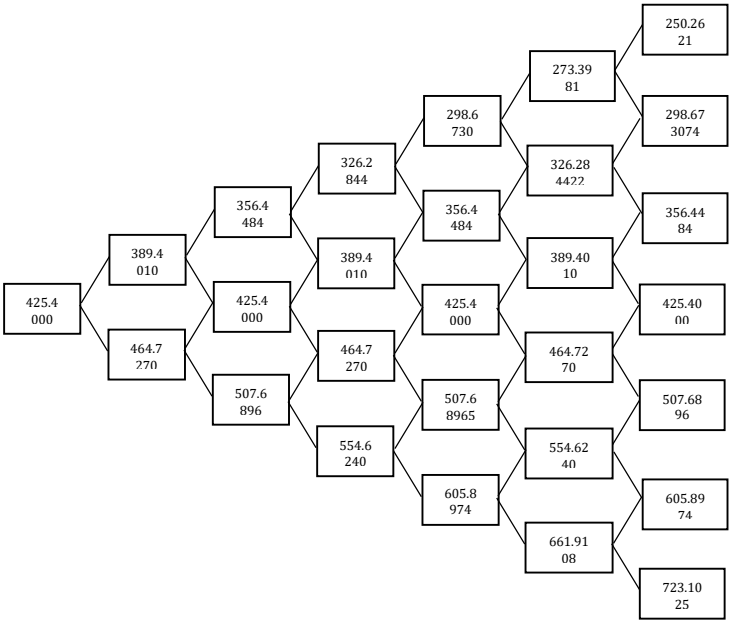
Harga saham pada node (i, j) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.15) sebagai berikut.



Bagan 4. 1 Skema Umum Pohon Binomial

$$S_{ji} = S_0 u^j d^{i-j}$$

Dengan perulangan i dari 0 hingga 6 dan perulangan j dari 0 hingga i. Adapun skema untuk pohon Binomial yaitu sebagai berikut.



Bagan 4. 2 Skema Pohon Binomial node 6

Perhitungan harga saham dengan 6 periode yaitu sebagai berikut.

$$S_{0,0} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^0 \times 0{,}915376182^{\,0-0}$$

$$S_{0,0} = 425.40$$

$$S_{0,1} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^0 \times 0{,}915376182^{\,1-0}$$

$$S_{0,1} = 389{,}4010278$$

$S_{1,1} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{1} \times 0{,}915376182^{\,1-1}$

$S_{1,1} = 464{,}7269708$

$S_{0,2} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{0} \times 0{,}915376182^{\,2-0}$

$S_{0,2} = 356{,}4484261$

$S_{1,2} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{1} \times 0{,}915376182^{\,2-1}$

$S_{1,2} = 425{,}4000002$

$S_{2,2} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{2} \times 0{,}915376182^{\,2-2}$

$S_{2,2} = 507{,}6896037$

$S_{0,3} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{0} \times 0{,}915376182^{\,3-0}$

$S_{0,3} = 326{,}2843994$

$S_{1,3} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{1} \times 0{,}915376182^{\,3-1}$

$S_{1,3} = 389{,}401028$

$S_{2,3} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{2} \times 0{,}915376182^{\,3-2}$

$S_{2,3} = 464{,}7269711$

$S_{3,3} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{3} \times 0{,}915376182^{\,3-3}$

$S_{3,3} = 554{,}6240048$

$S_{0,4} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{0} \times 0{,}915376182^{\,4-0}$

$S_{0,4} = 298{,}6729677$

$S_{1,4} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{1} \times 0{,}915376182^{\,4-1}$

$S_{1,4} = 356{,}4484263$

$S_{2,4} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{2} \times 0{,}915376182^{\,4-2}$

$S_{2,4} = 425{,}4000004$

$S_{3,4} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{3} \times 0{,}915376182^{\,4-3}$

$S_{3,4} = 507{,}6896039$

$S_{4,4} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{4} \times 0{,}915376182^{\,4-4}$

$S_{4,4} = 605{,}8973523$

$S_{0,5} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{0} \times 0{,}915376182^{\,5-0}$

$S_{0,5} = 273{,}3981209$

$S_{1,5} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{1} \times 0{,}915376182^{\,5-1}$

$S_{1,5} = 326{,}2843995$

$S_{2,5} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{2} \times 0{,}915376182^{\,5-2}$

$S_{2,5} = 389{,}4010282$

$S_{3,5} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{3} \times 0{,}915376182^{\,5-3}$

$S_{3,5} = 464{,}7269713$

$S_{4,5} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{4} \times 0{,}915376182^{\,5-4}$

$S_{4,5} = 554{,}6240051$

$S_{5,5} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{5} \times 0{,}915376182^{\,5-5}$

$S_{5,5} = 661{,}9107691$

$S_{0,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{0} \times 0{,}915376182^{\,6-0}$

$S_{0,6} = 250{,}2621281$

$S_{1,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{1} \times 0{,}915376182^{\,6-1}$

$S_{1,6} = 298{,}6729679$

$S_{2,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{2} \times 0{,}915376182^{\,6-2}$

$S_{2,6} = 356{,}4484265$

$S_{3,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{3} \times 0{,}915376182^{\,6-3}$

$S_{3,6} = 425{,}4000007$

$S_{4,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{4} \times 0{,}915376182^{\,6-4}$

$S_{4,6} = 507{,}6896042$

$S_{5,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{5} \times 0{,}915376182^{\,6-5}$

$S_{5,6} = 605{,}8973526$

$S_{6,6} = 425{,}4 \times 1{,}092447040^{6} \times 0{,}915376182^{\,6-6}$

$S_{6,6} = 723{,}1024604$

12. Menentukan *Payoff Opsi Call* dan *Opsi Put* Amerika Saham Microsoft Corporation

Telah diperoleh harga saham dititik node (*i, j*), selanjutnya akan dihitung nilai payoff yang kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai opsi pada node terakhir dengan menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13) sebagai berikut.

$$\begin{cases} maks(S_0 - K, 0) \ , untuk\ opsi\ call\ Amerika \\ maks(K - S_0, 0) \ , untuk\ opsi\ put\ Amerika \end{cases}$$

Sehingga nilai payoff opsi call Amerika untuk $T = 0{,}2904109589041\ tahun$ dapat diperoleh sebagai berikut.

$C_{6,6} = maks(S_{6,6} - K, 0)$

$= maks[(723{,}1024604 - 395), 0]$

$= maks((328{,}1024604), 0)$

$$= 328{,}1024604$$

$$C_{5,6} = maks(S_{5,6} - K, 0)$$

$$= maks[(605{,}8973526 - 395),0]$$

$$= maks((210{,}8973526),0)$$

$$= 210{,}8973526$$

$$C_{4,6} = maks(S_{4,6} - K, 0)$$

$$= maks[(507.6896042 - 395),0]$$

$$= maks((112{,}6896042),0)$$

$$= 112{,}6896042$$

$$C_{3,6} = maks(S_{3,6} - K, 0)$$

$$= maks[(425{,}4000007 - 395),0]$$

$$= maks((30{,}4000007),0)$$

$$= 30{,}4000007$$

$$C_{2,6} = maks(S_{2,6} - K, 0)$$

$$= maks[(356{,}4484265 - 395),0]$$

$$= maks((-38{,}5515735),0)$$

$$= 0$$

$$C_{1,6} = maks(S_{1,6} - K, 0)$$

$$= maks[(298{,}6729679 - 395),0]$$

$$= maks((-96{,}3270321),0)$$

$$= 0$$

$$C_{0,6} = maks(S_{0,6} - K, 0)$$

$$= maks[(250{,}2621281 - 395),0]$$

$$= maks((-144{,}7378719),0)$$
$$= 0$$

Kemudian nilai payoff opsi put Amerika untuk $T = 0{,}2904109589041\ tahun$ dapat diperoleh sebagai berikut.

$$P_{6,6} = maks(K - S_{6,6}, 0)$$
$$= maks[(395 - 723{,}1024604),0]$$
$$= maks((-328{,}1024604),0)$$
$$= 0$$
$$P_{5,6} = maks(K - S_{5,6}, 0)$$
$$= maks[(395 - 605{,}8973526),0]$$
$$= maks((-210{,}8973526),0)$$
$$= 0$$
$$P_{4,6} = maks(K - S_{4,6}, 0)$$
$$= maks[(395 - 507{,}6896042), 0]$$
$$= maks((-112{,}6896042), 0)$$
$$= 0$$
$$P_{3,6} = maks(K - S_{3,6}, 0)$$
$$= maks[(395 - 425{,}4000007),0]$$
$$= maks((-30{,}4000007),0)$$
$$= 0$$
$$P_{2,6} = maks(K - S_{2,6}, 0)$$
$$= maks[(395 - 356{,}4484265),0]$$

$$= maks((38{,}5515735),0)$$

$$= 38{,}5515735$$

$$P_{1,6} = maks(K - S_{1,6}, 0)$$

$$= maks[(395 - 298{,}6729679),0]$$

$$= maks((96{,}3270321),0)$$

$$= 96{,}3270321$$

$$P_{0,6} = maks(K - S_{0,6}, 0)$$

$$= maks[(395 - 250{,}2621281),0]$$

$$= maks((144{,}7378719),0)$$

$$= 144{,}7378719$$

13. Menentukan Harga *Opsi call* dan *Opsi put* Saham Microsoft Corporation

    Setelah memperoleh nilai *payoff*, selanjutnya harga opsi *call* pada node 0 sampai node 6 untuk $T = 0{,}2904109589041\ tahun$ dihitung dengan metode Binomial menggunakan persamaan (2.18) sebagai berikut.

    $$C_{ji} = maks[maks(S_{ji} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(j+1,i+1)} + (1-p)C_{(j,i+1)})]$$

$$C_{5,5} = maks[maks(S_{55} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(6,6)} + (1 - p)C_{(5,6)})]$$

$= maks[maks(661{,}9107691 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(328{,}1024604) + (0{,}507036528)(210{,}8973526))]$

$= maks[(266{,}9107691), (267{,}7701753)]$

$= 267{,}7701753$

$C_{4,5} = maks[maks(S_{45} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(5,6)} + (1 - p)C_{(4,6)})]$

$= maks[maks(554{,}6240051 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(210{,}8973526) + (0{,}507036528)(112{,}6896042))]$

$= maks[(159{,}6240051), (160{,}4834113)]$

$= 160{,}4834113$

$C_{3,5} = maks[maks(S_{3,5} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(4,6)} + (1 - p)C_{(3,6)})]$

$= maks[(464{,}7269713 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(112{,}6896042) + (0{,}507036528)(30{,}4000007))]$

$= maks[(69{,}7269713), (70{,}5863775)]$

$= 70{,}5863775$

$C_{2,5} = maks[maks(S_{2,5} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(3,6)} + (1 - p)C_{(2,6)})]$

$= maks[maks(389{,}4010282 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(30{,}4000007) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (14{,}8703668)]$

$= 14{,}8703668$

$C_{1,5} = maks[maks(S_{1,5} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(2,6)} + (1 - p)C_{(1,6)})]$

$= maks[maks(326{,}2843995 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (0)]$

$= 0$

$C_{0,5} = maks[maks(S_{0,5} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(1,6)} + (1 - p)C_{(0,6)})]$

$= maks[maks(273{,}3981209 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (0)]$

$= 0$

$C_{4,4} = maks[maks(S_{4,4} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(5,5)} + (1 - p)C_{(4,5)})]$

$= maks[maks(605{,}8973523 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(267{,}7701753) + (0{,}507036528)(160{,}4834113))]$

$= maks[(210{,}8973523), (212{,}6142949)]$

$= 212{,}6142949$

$C_{3,4} = maks[maks(S_{3,4} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(4,5)} + (1 - p)C_{(3,5)})]$

$= maks[maks(507{,}6896039 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(160{,}4834113) + (0{,}507036528)(70{,}5863775))]$

$= maks[(112{,}6896039), (114{,}4065465)]$

$= 114{,}4065465$

$C_{2,4} = maks[maks(S_{2,4} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(3,5)} + (1 - p)C_{(2,5)})]$

$= maks[maks(425{,}4000004 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(70{,}5863775) + (0{,}507036528)(14{,}8703668))]$

$= maks[(30{,}4000004), (42{,}0918782)]$

$= 42{,}0918782$

$C_{1,4} = maks[maks(S_{1,4} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(2,5)} + (1 - p)C_{(1,5)})]$

$= maks[maks(356{,}4484263 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(14{,}8703668) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (7{,}2739409)]$

$= 7{,}2739409$

$C_{0,4} = maks[maks(S_{0,4} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(1,5)} + (1 - p)C_{(0,5)})]$

$= maks[maks(298{,}6729677 - 395), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (0)]$

$= 0$

$C_{3,3} = maks[maks(S_{3,3} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(4,4)} + (1 - p)C_{(3,4)})]$

$= maks[maks(554{,}6240048 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(212{,}6142949) + (0{,}507036528)(114{,}4065465))]$

$= maks[(159{,}6240048), (162{,}1966180)]$

$= 162{,}1966180$

$C_{2,3} = maks[maks(S_{2,3} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(3,4)} + (1 - p)C_{(2,4)})]$

$= maks[maks(464{,}7269711 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(114{,}4065465) + (0{,}507036528)(42{,}0918782))]$

$= maks[(69{,}7269711), (77{,}3735096)]$

$= 77{,}3735096$

$C_{1,3} = maks[maks(S_{1,3} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(2,4)} + (1 - p)C_{(1,4)})]$

$= maks[maks(389{,}401028 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(42{,}0918782) + (0{,}507036528)(7{,}2739409))]$

$= maks[(0), (24{,}2895454)]$

$= 24{,}2895454$

$C_{0,3} = maks[maks(S_{0,3} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(1,4)} + (1 - p)C_{(0,4)})]$

$= maks[maks(326{,}2843994 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(7{,}2739409) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (3{,}5580976)]$

$= 3{,}5580976$

$C_{2,2} = maks[maks(S_{2,2} - K), e^{-r\Delta t}(pC_{(3,3)} + (1 - p)C_{(2,3)})]$

$= maks[maks(507{,}6896037 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(162{,}1966180) + (0{,}507036528)(77{,}3735096))]$

$= maks[(112{,}6896037), (118{,}6969667)]$

$= 118{,}6969667$

$C_{1,2} = maks[maks(S_{1,2} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(2,3)} + (1 - p)C_{(1,3)})]$

$= maks[maks(425{,}4000002 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(77{,}3735096) + (0{,}507036528)(24{,}2895454))]$

$= maks[(30{,}4000002), (50{,}2030800)]$

$= 50{,}2030800$

$C_{0,2} = maks[maks(S_{0,2} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(1,3)} + (1 - p)C_{(0,3)})]$

$= maks[maks(356{,}4484261 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(24{,}2895454) + (0{,}507036528)(3{,}5580976))]$

$= maks[(0), (13{,}6912847)]$

$= 13{,}6912847$

$C_{1,1} = maks[maks(S_{1,1} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(2,2)} + (1 - p)C_{(1,2)})]$

$= maks[maks(464{,}7269708 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(118{,}6969667) + (0{,}507036528)(50{,}2030800))]$

$= maks[(69{,}7269708), (83{,}5981024)]$

$= 83{,}5981024$

$C_{0,1} = maks[maks(S_{0,1} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(1,2)} + (1 - p)C_{(0,2)})]$

$= maks[maks(389{,}4010278 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(50{,}2030800) + (0{,}507036528)(13{,}6912847))]$

$= maks[(0), (31{,}5214891)]$

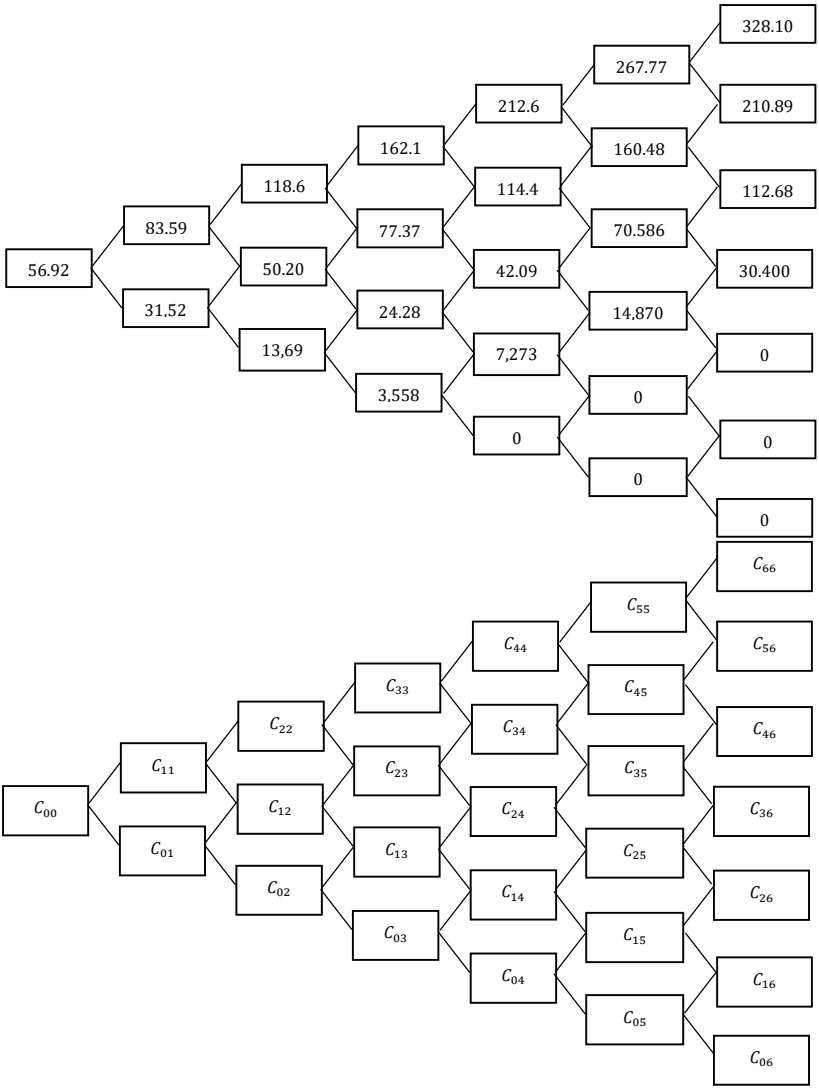
$= 31{,}5214891$

$C_{0,0} = maks[maks(S_{0,0} - K, 0), e^{-r\Delta t}(pC_{(1,1)} + (1 - p)C_{(0,1)})]$

$= maks[maks(425.40 - 395{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(83{,}5981024) + (0{,}507036528)(31{,}5214891))]$

$= maks[(30{,}40), (56{,}9265365)]$

$= 56{,}9265365$



Bagan 4. 3 Harga Opsi Call Amerika Saham Microsoft Corporation N= 6

Selanjutnya untuk opsi *put* dapat diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.19) sebagai berikut

$$P_{ji} = \text{maks}[maks(K - S_{ji}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(j+1,i+1)} + (1-p)P_{(j,i+1)})]$$

$$P_{5,5} = maks[maks(K - S_{55}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(6,6)} + (1-p)P_{(5,6)})]$$

$$= maks[maks(395 - 661{,}9107691{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(0))]$$

$$= maks[(0), (0)]$$

$$= 0$$

$$P_{4,5} = maks[maks(K - S_{4,5}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(5,6)} + (1-p)P_{(4,6)})]$$

$$= maks[maks(395 - 554{,}6240051{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(0))]$$

$$= maks[(0), (0)]$$

$$= 0$$

$$P_{3,5} = maks[maks(K - S_{3,5}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(4,6)} + (1-p)P_{(3,6)})]$$

$= maks[maks(395 - 464{,}7269713{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(0))]$

$= maks[(0), (0)]$

$= 0$

$P_{2,5} = maks[maks(K - S_{2,5}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(3,6)} + (1 - p)P_{(2,6)})]$

$= maks[maks(395 - 389{,}4010282{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) + (0{,}507036528)(38{,}5515735))]$

$= maks[(5{,}5989718), (19{,}6099324)]$

$= 19{,}6099324$

$P_{1,5} = maks[maks(K - S_{1,5}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(2,6)} + (1 - p)P_{(1,6)})]$

$= maks[maks(395 - 326{,}2843995{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(38{,}5515735) + (0{,}507036528)(96{,}3270321))]$

$= maks[(68{,}7156005), (67{,}8561943)]$

$= 68{,}7156005$

$P_{0,5} = maks[maks(K - S_{0,5}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(1,6)} + (1 - p)P_{(0,6)})]$

$= maks[maks(395 -$
$273{,}3981209{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(96{,}3270321) +$
$(0{,}507036528)(144{,}7378719))]$
$= maks[(121{,}6018791), (120{,}7424729)]$
$= 121{,}6018791$
$P_{4,4} = maks[maks(K - S_{4,4}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(5,5)} + (1 -$
$p)P_{(4,5)})]$
$= maks[maks(395 -$
$605{,}8973523{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) +$
$(0{,}507036528)(0))]$
$= maks[(0), (0)]$
$= 0$
$P_{3,4} = maks[maks(K - S_{3,4}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(4,5)} + (1 -$
$p)P_{(3,5)})]$
$= maks[maks(395 -$
$507{,}6896039{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) +$
$(0{,}507036528)(0))]$
$= maks[(0), (0)]$
$= 0$
$P_{2,4} = maks[maks(K - S_{2,4}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(3,5)} + (1 -$
$p)P_{(2,5)})]$

$= maks[maks(395 -$

$425{,}4000004{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) +$

$(0{,}507036528)(19{,}6099324))]$

$= maks[(0), (9{,}9749352)]$

$= 9{,}9749352$

$P_{1,4} = maks[maks(K - S_{1,4}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(2,5)} + (1 -$

$p)P_{(1,5)})]$

$= maks[maks(395 -$

$356{,}4484263{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(19{,}6099324) +$

$(0{,}507036528)(68{,}7156005))]$

$= maks[(38{,}5515737), (44{,}5457240)]$

$= 44{,}5457240$

$P_{0,4} = maks[maks(K - S_{0,4}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(1,5)} + (1 -$

$p)P_{(0,5)})]$

$= maks[maks(395 -$

$298{,}6729677{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(68{,}7156005) +$

$(0{,}507036528)(121{,}6018791))]$

$= maks[(96{,}3270323), (95{,}4676261)]$

$= 96{,}3270323$

$P_{3,3} = maks[maks(K - S_{3,3}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(4,4)} + (1 -$

$p)P_{(3,4)})]$

$= maks[maks(395 -$
$554{,}6240048{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) +$
$(0{,}507036528)(0))]$
$= maks[(0), (0)]$
$= 0$
$P_{2,3} = maks[maks(K - S_{2,3}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(3,4)} + (1 -$
$p)P_{(2,4)})]$
$= maks[maks(395 -$
$464{,}7269711{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) +$
$(0{,}507036528)(9{,}9749352))]$
$= maks[(0), (5{,}0739253)]$
$= 5{,}0739253$
$P_{1,3} = maks[maks(K - S_{1,3}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(2,4)} + (1 -$
$p)P_{(1,4)})]$
$= maks[maks(395 -$
$389{,}401028{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(9{,}9749352) +$
$(0{,}507036528)(44{,}5457240))]$
$= maks[(5{,}598972), (27{,}5382692)]$
$= 27{,}5382692$
$P_{0,3} = maks[maks(K - S_{0,3}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(1,4)} + (1 -$
$p)P_{(0,4)})]$

$= maks[maks(395 -$
$326{,}2843994{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(44{,}5457240) +$
$(0{,}507036528)(96{,}3270323))]$
$= maks[(68{,}7156006), (70{,}7882738)]$
$= 70{,}7882738$
$P_{2,2} = maks[maks(K - S_{2,2}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(3,3)} + (1 -$
$p)P_{(2,3)})]$
$= maks[maks(395 -$
$507{,}6896037{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(0) +$
$(0{,}507036528)(5{,}0739253))]$
$= maks[(0), (2{,}5809409)]$
$= 2{,}5809409$
$P_{1,2} = maks[maks(K - S_{1,2}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(2,3)} + (1 -$
$p)P_{(1,3)})]$
$= maks[maks(395 -$
$425{,}4000002{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(5{,}0739253) +$
$(0{,}507036528)(27{,}5382692))]$
$= maks[(0), (16{,}4897675)]$
$= 16{,}4897675$
$P_{0,2} = maks[maks(K - S_{0,2}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(1,3)} + (1 -$
$p)P_{(0,3)})]$

$= maks[maks(395 -$

$356{,}4484261{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(27{,}5382692) +$

$(0{,}507036528)(70{,}7882738))]$

$= maks[(38{,}5515739), (49{,}4782254)]$

$= 49{,}4782254$

$P_{1,1} = maks[maks(K - S_{1,1}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(2,2)} + (1 -$

$p)P_{(1,2)})]$

$= maks[maks(395 -$

$464{,}7269708\ ,0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(2{,}5809409) +$

$(0{,}507036528)(16{,}4897675))]$

$= maks[(0\ ), (9{,}6502935)]$

$= 9{,}6502935$

$P_{0,1} = maks[maks(K - S_{0,1}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(1,2)} + (1 -$

$p)P_{(0,2)})]$

$= maks[maks(395 -$

$389{,}4010278\ ,0\ ), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(16{,}4897675) +$

$(0{,}507036528)(49{,}4782254))]$

$= maks[(10{,}5989722\ ), (33{,}2340468)]$

$= 33{,}2340468$

$P_{0,0} = maks[maks(K - S_{0,0}, 0), e^{-r\Delta t}(pP_{(1,1)} + (1 -$

$p)P_{(0,1)})]$

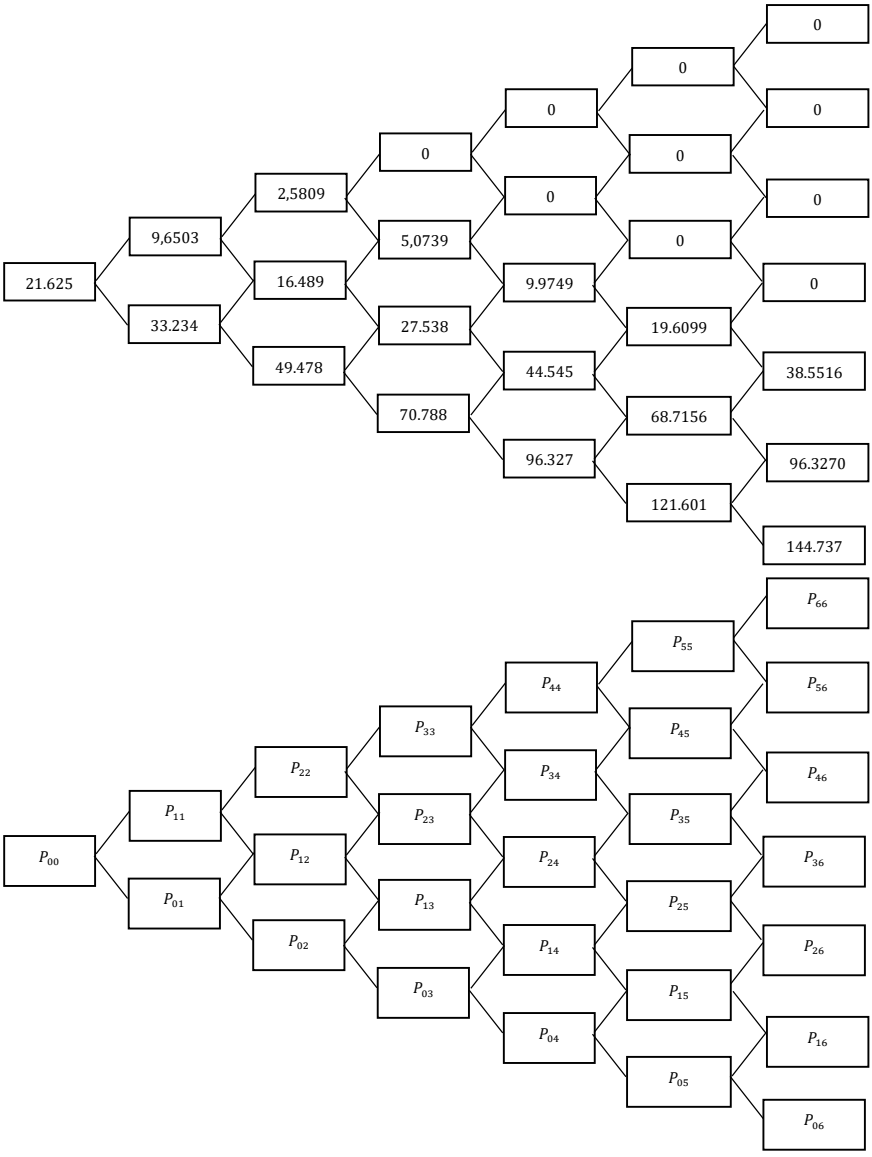
$= maks[maks(395 -$

$425.40{,}0), e^{-(0{,}045)(0.048401826484)}((0{,}492963472)(9{,}6502935) +$

$(0{,}507036528)(33{,}2340468))]$

$= maks[(0), (21{,}6255860)]$

$= 21{,}6255860$



Bagan 4. 4 Harga Opsi Put Amerika Saham Microsoft Corporation N= 6

14. Menentukan opsi *Call* dan opsi *Put* Amerika model binomial *N*=100

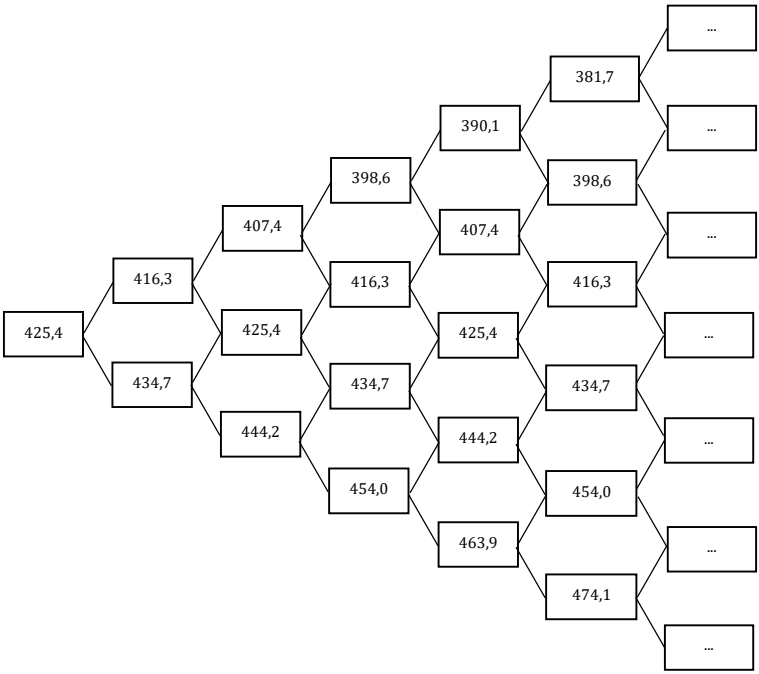
Setelah diketahui nilai opsi Amerika *put* dan *call* dengan model binomial 6 langkah, selanjutnya mencari nilai opsi Amerika *put* dan *call* dengan model binomial 100 langkah. Simulasi perhitungan harga opsi dengan N = 6 dilakukan untuk menjelaskan ilustrasi proses perhitungan harga opsi. Sementara untuk menentukan harga opsi yang diharapkan mendekati harga opsi aktual digunakan N = 100. Alasan menggunakan N=100 karena waktu jatuh temo yang digunakan dalam penelitian ini adalah 01 Mei 2025 – 15 Agustus 2025 (106 hari) sehingga saat N=100 langkah maka hasil perhitungan kasar Δt sudah terlihat. Dengan menggunakan bantuan software MATLAB R2024b, dapat diperoleh nilai parameter sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Nilai Parameter N=100

Parameter	**N = 100**
T	0,2904109589041
Δt	0,0029041095
u	1,0219
d	0,9786

p	0,4976
$1-p$	0,5024

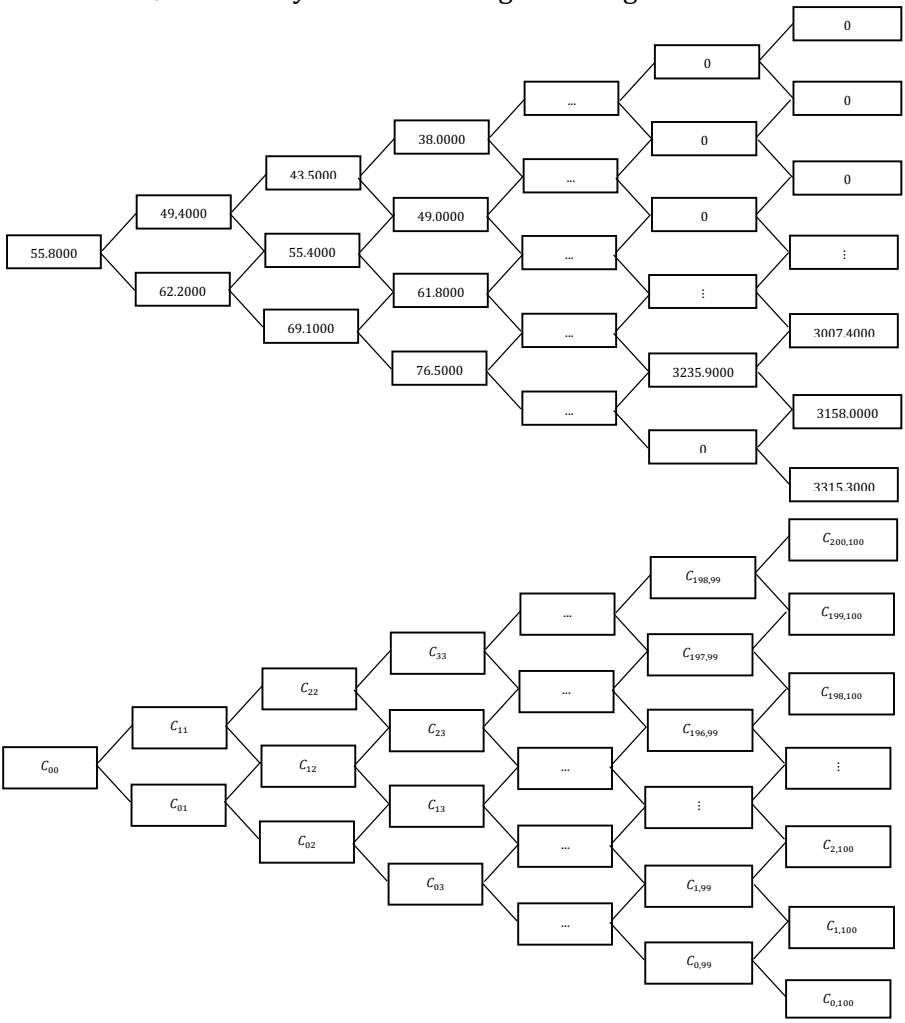
Dengan perulangan i dari 0 hingga 100 dan perulangan j dari 0 hingga i didapatkan skema pohon binomial node 100 sebagai berikut:



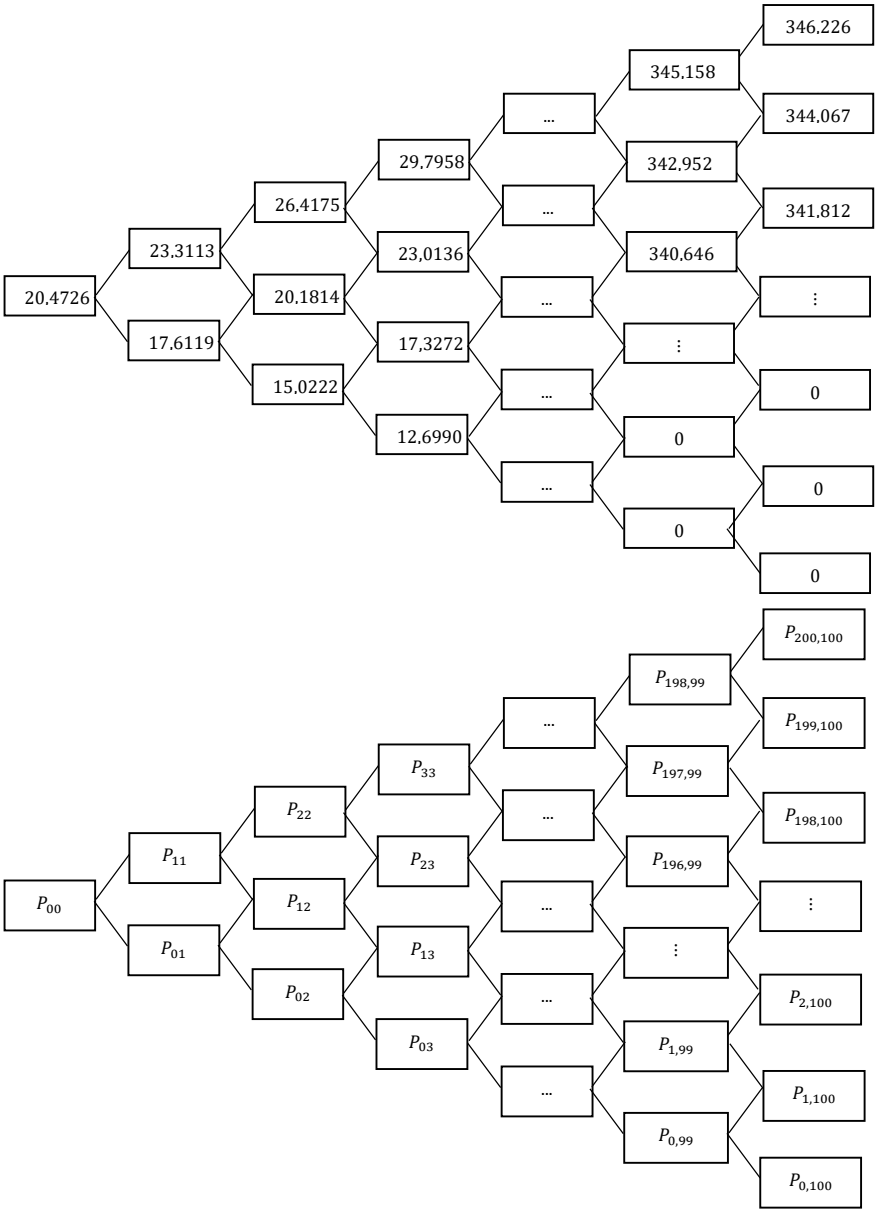
Bagan 4. 5 Skema Pohon Binomial N=100

Dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB R2024b, dapat diperoleh harga opsi *call* dan *put* tipe Amerika menggunakan model binomial dengan waktu jatuh tempo $T =$

0,2904109589041 tahun dan harga kesepakatan $395 sebanyak $N = 100$ langkah sebagai berikut.



Bagan 4. 6 Harga Opsi Call Amerika Saham Microsoft Corporation N=100



Bagan 4. 7 Harga Opsi Put Amerika Saham Microsoft Corporation N=100

Berdasarkan Bagan 4.6 dan 4.7 didapatkan nilai opsi *call* dan *opsi* put sebagai berikut:

Tabel 4.7 Harga Opsi Amerika pada Saham Microsoft Corporation

T (tahun)	Binomial	
	Harga opsi *call*	Harga opsi *put*
0,2904109589041	$55,8000	$20,4726

Adapun perhitungan program MATLAB secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 5.

B. Pembahasan

Penelitian ini menggunakan data harian penutupan saham dari Microsoft Corporation sebanyak 753 data. Data bersumber dari *website yahoo finance* dengan perolehan harga saham saat ini adalah $425,40. Suku bunga bebas resiko diambil pada bulan Mei 2025 sebesar 4,5% yang merupakan suku bunga Bank Central Amerika diperoleh dari *website global.rates.com.* Return harga saham digunakan untuk mengetahui besar tingkat pengembalian harga saham setiap masa perdagangan dan ekspektasi keuntungan pada masa yang akan dating. Nilai return saham dapat dilihat pada Tabel 4.2. Selanjutnya menguji apakah

data return stationer atau tidak untuk dilanjutkan mengestimasi model ARMA. *Uji Augmented Dickey Fuller* (ADF) digunakan untuk menentukan kestationeran data. Dari pengujian ADF didapatkan nilai *p-value* sebesar 0,01 < 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data stationer.

Mengidentifikasi model ARMA dengan melihat plot ACF dan PACF dari data return yang sudah stationer. Estimasi ARMA tersebut kemudian dipilih model terbaiknya dengan melihat nilai AIC dan AIC yang terkecil -3966,32 yaitu MA (1). Uji *Lagrange Multiplier* (LM) dilakukan untuk melihat adanya pengaruh ARCH/GARCH tehadap model ARMA (0,1). Berdasarkan uji ARCH-LM didapatkan nilai *p-value* (0,0227) < α (0,05) yang berarti terdapat efek ARCH sehingga dapat dilakukan langkah selanjutnya. Pendugaan parameter GARCH dilakukan untuk mengidentifikasi model GARCH terbaik yang akan dipilih dengan melihat nilai SIC terkecil dari model GARCH yang ada yaitu model MA (1) dan GARCH (1,2). Model MA (1) dan GARCH (1,2) merupakan model terbaik sehingga didaptkan persamaan GARCH (1,2) yang kemudian akan

dihitung nilai variansi sebesar 0,000640974. Sementara itu nilai volatilitasnya sebesar 0,401902281.

Nilai volatilitas sudah didapatkan, kemudian dapat dihitung nilai harga opsi. Parameter yang digunakan untuk memperoleh nilai harga opsi adalah λ, u, d, p_u, p_m, dan p_d. Kemudian interval waktu (Δt) yang digunakan dalam penelitian ini dihitung dengan rumus $\Delta t = \frac{T}{N}$ dengan T (waktu jatuh tempo) yang digunakan adalah dari nilai saham saat ini 01 Mei 2025-15 Agustus 2025 (106 hari) yang akan dijadikan T tahun = $\frac{106}{365} =$ 0,2904109589041 tahun sehingga diperoleh nilai parameter sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Nilai Parameter untuk memperoleh harga opsi

Parameter	T (0,2904109589041)
Δt	0,0029041095
u	1,0219
d	0,9786
p	0,4976
$1 - p$	0,5024

Selanjutnya mencari nilai harga saham pada node (i, j) yang akan digunakan untuk menentukan nilai *payoff* opsi. Nilai *payoff* opsi diperoleh dengan menghitung selisih antara saham pada saat jatuh tempo dengan nilai rata-rata aritmatika dari ekspektasi harga saham. Setelah memperoleh nilai *payoff* opsi, selanjutnya gunakan nilai *payoff* tersebut untuk memperoleh nilai harga opsi dari saham Microsoft Corporation hingga diperoleh nilai $C_{0.0}$ untuk harga opsi *call* dan nilai $P_{0.0}$ untuk harga opsi *put*. Dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB R2024b, diperoleh harga opsi *call* dan opsi *put* pada waktu jatuh tempo T = 0,2904109589041 dan harga kontrak sebesar $385 $390, $395, $400, $405 sebagai berikut.

Dengan cara yang sama seperti di atas harga opsi untuk harga kontrak (K) yang lain adalah seperti pada tabel 4.9 dan 4.10

Tabel 4. 9 Perbandingan Harga Opsi Call Amerika Binomial dengan Harga Opsi Aktual

No	K	C Binomial GARCH	C aktual	MAPE (%)
1	395	$55,80	$26,14	1,14%
2	385	$62,10	$32,25	0,93%
3	390	$58,70	$28,80	1,04%
4	400	$52,80	$24,70	1,14%
5	405	$49,90	$20,65	1,42%
	Rata-rata MAPE			1,134%

Tabel 4. 10 Perbandingan Harga Opsi Put Amerika Binomial dengan Harga Opsi Aktual

No	K	P Binomial GARCH	P actual	MAPE %
1	395	$20,47	$23,00	0,11%
2	385	$16,84	$18,25	0,08%
3	390	$18,48	$19,95	0,07%
4	400	$22,47	$27,15	0,17%
5	405	$24,48	$31,15	0,21%
	Rata-rata MAPE			0,128%

Untuk perhitungan lebih lengkap tabel 4. 9 dan 4.10 dapat dilihat pada lampiran 3.

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10, dapat dilihat bahwa harga opsi *call* pada *website yahoo finance* dengan harga kontrak $395 adalah $26,14 mendekati harga opsi yang telah didapatkan menggunakan volatilitas GARCH model binomial yaitu $55,80. Sedangkan untuk harga opsi *put* adalah $23.00 mendekati nilai harga opsi yang telah didapatkan sebesar $20,47. Didapatkan juga rata-rata nilai MAPE dari lima harga kontrak yang telah dihitung harga opsinya menggunakan bantuan *software* MATLAB R2024b, yaitu untuk opsi *call* sebesar 1,1307% yang dimana kurang dari 10% sehingga peramalan sangat akurat dan sangat bagus untuk digunakan. Untuk opsi *put* nilai MAPE sebesar 0,128% yang dimana nilainya kurang dari 10% sehingga peramalan ini sangat akurat dan sangat bagus untuk digunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa

1. Harga opsi *call* Amerika menggunakan volatilitas model GARCH dengan N=100 dan T=0,290410958041 diperoleh sebesar \$55,8000. Nilai MAPE opsi *call* untuk harga kontrak K = 395 adalah 1,14%. Hal ini menunjukkan bahwa MAPE kurang dari 10% masuk dalam kategori sangat akurat, sehingga peramalan ini sangat bagus untuk digunakan.
2. Harga opsi *put* Amerika menggunakan volatilitas model GARCH dengan N=100 dan T=0,290410958041 diperoleh sebesar \$20,4726. Nilai MAPE opsi *put* untuk harga kontrak K = 395 adalah 0,11%. Hal ini menunjukkan bahwa MAPE kurang dari 10% masuk dalam kategori sangat akurat, sehingga peramalan ini sangat bagus untuk digunakan.

B. Saran

Saran peneliti untuk mengembangkan dan memperbaiki penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan peneliti dapat menggunakan waktu jatuh tempo yang lebih bervariasi agar diperoleh hasil yang lebih akurat.
2. Pada penelitian ini hanya digunakan satu saham saja untuk diteliti diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan beberapa saham yang berbeda agar hasil yang diperoleh lebih akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya N P, Erinsyah dkk. (2021). "Prediksi Penjualan Kertas Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing"*.Jurnal TIKomSiN, Vol. 9, No. 1

Aktivani, Sherly. (2011). "Pemodelan Arima Intervensi Ekspor TPT Indonesia ke Amerika Serikat"*.* Jakarta : Sekolah Tinggi Ilmu Statistik

Artanadi, Ni Nyoman Ayu dkk. (2017). "Penentuan Harga Opsi Beli Tipe Asia dengan Metode Monte Carlo-Control"*. E-Jurnal Matematika Vol. 6 (1)*

Aziz, Abdul. (2009). "Empat Model Aproksimasi Binomial Harga Saham Model Black-Scholes". *Chauchy.* 1(1): 1-10.

Boyle, Patrick dan McDougall.(2019)."*Trading and Pricing Financial Derivatives*". Berlin :Walter de Gruyter Inc.

Chaput, J. Scott dan Louis H. Ederington. (2002)."*Option Spread and Combination Trading*".

C. D. Lewis, (1982). "*Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting"*. Butterworth-Heinemann.

Chalimatusadiah. (2021). "Penentuan Harga Opsi Dengan Volatilitas Stokastik Menggunakan Metode Monte Carlo"*. Jambura Journal of Mathematics*

Datumaya W S, Arwin dkk. (2021). "Perbandingan Kinerja Metode-Metode Prediksi pada Transaksi Dompet Digital di Masa Pandemi". Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi Vol. 4 No. 4 (2020) 642 - 647

Higham, D. (2004). "*An introduction to financial option valuation: mathematics, stochastics and computation* (Vol. 13)". Cambridge University Press.

Hull, J.C. (2009). "*Options, Futures, and Other Derivative Securities. Seventh Edition.* New Jersey". Prentice Hall

Husnan, S. (2000). “Manajemen Keuangan”. Yogyakarta : Edisi 4, BPFE-Yogyakarta.

Junarsih. (2017). “Penggunaan Model Trinomial Kamrad Ritchken dalam Menentukan Harga Opsi Put Amerika”. Makasar.

Khoiri, Halwa A. (2023).”Analisis Deret Waktu Univariat”.Madiun: Unipma Press.

M. N. Fawaiq , A. Jazuli, dan M. M. Hakim. (2019). “Prediksi hasil pertanian padi di kabupaten kudus dengan metode brown’s double exponential smoothing”. vol. 4, pp. 78–87.

Maulida, Via., Emi Siswanah dan Eva Khoirun Nisa.(2019).”Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa dengan Model Binomial”. SQUARE: Journal of Mathematics and Mathematics Education.

Nadia, Syarifah dkk. 2018. “Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa dengan Metode Binomial**”.** Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster) Volume 07.

N. A. Nugroho dan A. Purqon. (2015). “Analisis 9 Saham Sektor Industri di Indonesia Menggunakan Metode SVR in *Seminar Kontribusi Fisika”.* Bandung.

Pramuditya, Surya A. (2016).”Perbandingan Metode Binomial dan Metode Black-Scholes Dalam Penentuan Harga Opsi”. Jurnal Sainsmat Hal 1-6 ISSN 2086-6755

Rahmaniar D, Kusuma. (2015). “Penentuan Harga Opsi Jual Amerika dengan Volatilitas Model Garch Menggunakan Simulasi (Studi Kasus Saham IBM INC.)”.

Raneo, Agung P dan Fida Muthia. (2018).”Penerapan Model GARCH Dalam Peramalan Volatilitas di Bursa Efek Indonesia”. Jurnal Manajemen dan Bisnis Sriwijaya

Romli, Harsi dkk. (2017). “Faktor-faktor yang Mempengaruhi Volatilitas Harga Saham pada PT Waskita Karya TBK”. Jurnal Ilmiah Ekonomi Global Masa KiniVolume 8 No. 01.

Rosadi D. (2014). "Analisis Runtun Waktu dan Aplikasinya dengan R". Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
Santoso, Teguh. (2011). "Aplikasi Model GARCH pada Data Inflasi Bahan Makanan Indonesia". Yogyakarta: Jurnal Magister Sian Ilmu Ekonomi.
Schwert, G William dan Smith Clifford W. (1992)." *Empirical Research in Capital Markets*". McGraw-Hill
Siamat, Dahlan. (2002). "Manajemen Lembaga Keuangan". Jakarta : Lembaga Penerbitan FEUI.
S. T. Ruey. (2005). "*Analysis of Financial Time Series*, *Second Edition"*. Chicago:University of Chicago.
Sugiyono. (2017). "Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan B & D". Bandung: Alfabeta, CV.
Sulastri S, dkk. (2019). "Penentuan Harga Opsi Barrier Menggunakan Metode Trinomial KamradRitchken Dengan Volatilitas Model Garch". Jurnal Ilmu Manajemen dan Bisnis -Vol 10 No 1.
T. Hendriani, M. Yamin, dan A. P. Dewi. (2017). "Sistem Peramalan Persediaan Obat Dengan Metode Weight Moving Average Dan Reorder Point (Studi Kasus: Puskesmas Soropia)," *semanTIK*, vol. 2, no. 2, pp. 207–214.
Tandelilin, Eduardus. (2001). "Analisis Investasi dan Manajemen Portofolio". Edisi Pertama. BPFE. Yogyakarta.
Trimono, Di Asihi Maruddani. (2017). "Valuasi Harga Saham PT Aneka Tambang Tbk sebagai Peraih IDX *Best Blue* 2016". Statistika, Vol. 17 No. 1, 33 – 43
Tsay, R.S. (2013) "*Multivariate Time Series Analysis: With R and Financial Applications"*.
Utami Adiningsih, setiati. (2021). "Aktualisasi Model GARCH dan Peramalan Volatilitas Return Saham Asia". Jakarta.

Widarjono, A. (2013).”Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya”.Yogyakarta:Upp Stim Ykpn

Widhika A, mutiara dkk. (2018). “Peramalan Penjualan Kue pada Toko Roemah Snack Mekarsari dengan Metode Single Exponential Smoothing*”. Surabaya.* Jurnal Ilmiah Matematika *Volume 6 No.2 Tahun 2018 ISSN 2301-9115*

Wiyanti, DT & R Pulungan. (2012). “Peramalan Deret Waktu Menggunakan Model Fungsi Basis RadialL (RBF) dan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)”. Jurnal MIPA 35 (2):175-182.

Zubedi, Fahrezal dkk. (2022). “Penentuan Harga Beli Opsi Asia Menggunakan Monte CarloAntithetic Variate dan Monte Carlo-Control”. EULER: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Penutupan Harga Saham Microsoft Corporation

t	DATE	CLOSE
0	29/04/2022	$277,52
1	02/05/2022	$284,47
2	03/05/2022	$281,78
3	04/05/2022	$289,98
4	05/05/2022	$277,35
5	06/05/2022	$274,73
6	09/05/2022	$264,58
7	10/05/2022	$269,5
8	11/05/2022	$260,55
9	12/05/2022	$255,35
10	13/05/2022	$261,12
11	16/05/2022	$261,5
12	17/05/2022	$266,82
13	18/05/2022	$254,08
14	19/05/2022	$253,14
15	20/05/2022	$252,56
16	23/05/2022	$260,65
17	24/05/2022	$259,62
18	25/05/2022	$262,52
19	26/05/2022	$265,9
20	27/05/2022	$273,24
21	31/05/2022	$271,87
22	01/06/2022	$272,42
23	02/06/2022	$274,58
24	03/06/2022	$270,02
25	06/06/2022	$268,75
26	07/06/2022	$272,5
27	08/06/2022	$270,41
28	09/06/2022	$264,79
29	10/06/2022	$252,99
30	13/06/2022	$242,26
31	14/06/2022	$244,49
32	15/06/2022	$251,76
33	16/06/2022	$244,97
34	17/06/2022	$247,65
35	21/06/2022	$253,74
36	22/06/2022	$253,13
37	23/06/2022	$258,86
38	24/06/2022	$267,7
39	27/06/2022	$264,89
40	28/06/2022	$256,48
41	29/06/2022	$260,26
42	30/06/2022	$256,83
43	01/07/2022	$259,58
44	05/07/2022	$262,85
45	06/07/2022	$266,21
46	07/07/2022	$268,4
47	08/07/2022	$267,66

t	DATE	CLOSE
48	11/07/2022	$264,51
49	12/07/2022	$253,67
50	13/07/2022	$252,72
51	14/07/2022	$254,08
52	15/07/2022	$256,72
53	18/07/2022	$254,25
54	19/07/2022	$259,53
55	20/07/2022	$262,27
56	21/07/2022	$264,84
57	22/07/2022	$260,36
58	25/07/2022	$258,83
59	26/07/2022	$251,9
60	27/07/2022	$268,74
61	28/07/2022	$276,41
62	29/07/2022	$280,74
63	01/08/2022	$278,01
64	02/08/2022	$274,82
65	03/08/2022	$282,47
66	04/08/2022	$283,65
67	05/08/2022	$282,91
68	08/08/2022	$280,32
69	09/08/2022	$282,3
70	10/08/2022	$289,16
71	11/08/2022	$287,02
72	12/08/2022	$291,91
73	15/08/2022	$293,47
74	16/08/2022	$292,71
75	17/08/2022	$291,32

t	DATE	CLOSE
76	18/08/2022	$290,17
77	19/08/2022	$286,15
78	22/08/2022	$277,75
79	23/08/2022	$276,44
80	24/08/2022	$275,79
81	25/08/2022	$278,85
82	26/08/2022	$268,09
83	29/08/2022	$265,23
84	30/08/2022	$262,97
85	31/08/2022	$261,47
86	01/09/2022	$260,4
87	02/09/2022	$256,06
88	06/09/2022	$253,25
89	07/09/2022	$258,09
90	08/09/2022	$258,52
91	09/09/2022	$264,46
92	12/09/2022	$266,65
93	13/09/2022	$251,99
94	14/09/2022	$252,22
95	15/09/2022	$245,38
96	16/09/2022	$244,74
97	19/09/2022	$244,52
98	20/09/2022	$242,45
99	21/09/2022	$238,95
100	22/09/2022	$240,98
101	23/09/2022	$237,92
102	26/09/2022	$237,45
103	27/09/2022	$236,41

t	DATE	CLOSE
104	28/09/2022	$241,07
105	29/09/2022	$237,5
106	30/09/2022	$232,9
107	03/10/2022	$240,74
108	04/10/2022	$248,88
109	05/10/2022	$249,2
110	06/10/2022	$246,79
111	07/10/2022	$234,24
112	10/10/2022	$229,25
113	11/10/2022	$225,41
114	12/10/2022	$225,75
115	13/10/2022	$234,24
116	14/10/2022	$228,56
117	17/10/2022	$237,53
118	18/10/2022	$238,5
119	19/10/2022	$236,48
120	20/10/2022	$236,15
121	21/10/2022	$242,12
122	24/10/2022	$247,25
123	25/10/2022	$250,66
124	26/10/2022	$231,32
125	27/10/2022	$226,75
126	28/10/2022	$235,87
127	31/10/2022	$232,13
128	01/11/2022	$228,17
129	02/11/2022	$220,1
130	03/11/2022	$214,25
131	04/11/2022	$221,39

t	DATE	CLOSE
132	07/11/2022	$227,87
133	08/11/2022	$228,87
134	09/11/2022	$224,51
135	10/11/2022	$242,98
136	11/11/2022	$247,11
137	14/11/2022	$241,55
138	15/11/2022	$241,97
139	16/11/2022	$241,73
140	17/11/2022	$241,68
141	18/11/2022	$241,22
142	21/11/2022	$242,05
143	22/11/2022	$245,03
144	23/11/2022	$247,58
145	25/11/2022	$247,49
146	28/11/2022	$241,76
147	29/11/2022	$240,33
148	30/11/2022	$255,14
149	01/12/2022	$254,69
150	02/12/2022	$255,02
151	05/12/2022	$250,2
152	06/12/2022	$245,12
153	07/12/2022	$244,37
154	08/12/2022	$247,4
155	09/12/2022	$245,42
156	12/12/2022	$252,51
157	13/12/2022	$256,92
158	14/12/2022	$257,22
159	15/12/2022	$249,01

t	DATE	CLOSE
160	16/12/2022	$244,69
161	19/12/2022	$240,45
162	20/12/2022	$241,8
163	21/12/2022	$244,43
164	22/12/2022	$238,19
165	23/12/2022	$238,73
166	27/12/2022	$236,96
167	28/12/2022	$234,53
168	29/12/2022	$241,01
169	30/12/2022	$239,82
170	03/01/2023	$239,58
171	04/01/2023	$229,1
172	05/01/2023	$222,31
173	06/01/2023	$224,93
174	09/01/2023	$227,12
175	10/01/2023	$228,85
176	11/01/2023	$235,77
177	12/01/2023	$238,51
178	13/01/2023	$239,23
179	17/01/2023	$240,35
180	18/01/2023	$235,81
181	19/01/2023	$231,93
182	20/01/2023	$240,22
183	23/01/2023	$242,58
184	24/01/2023	$242,04
185	25/01/2023	$240,61
186	26/01/2023	$248

t	DATE	CLOSE
187	27/01/2023	$ 248,16
188	30/01/2023	$242,71
189	31/01/2023	$247,81
190	01/02/2023	$252,75
191	02/02/2023	$264,6
192	03/02/2023	$258,35
193	06/02/2023	$256,77
194	07/02/2023	$267,56
195	08/02/2023	$266,73
196	09/02/2023	$263,62
197	10/02/2023	$263,1
198	13/02/2023	$271,32
199	14/02/2023	$272,17
200	15/02/2023	$269,32
201	16/02/2023	$262,15
202	17/02/2023	$258,06
203	21/02/2023	$252,67
204	22/02/2023	$251,51
205	23/02/2023	$254,77
206	24/02/2023	$249,22
207	27/02/2023	$250,16
208	28/02/2023	$249,42
209	01/03/2023	$246,27
210	02/03/2023	$251,11
211	03/03/2023	$255,29
212	06/03/2023	$256,87
213	07/03/2023	$254,15

t	DATE	CLOSE
214	08/03/2023	$253,7
215	09/03/2023	$252,32
216	10/03/2023	$248,59
217	13/03/2023	$253,92
218	14/03/2023	$260,79
219	15/03/2023	$265,44
220	16/03/2023	$276,2
221	17/03/2023	$279,43
222	20/03/2023	$272,23
223	21/03/2023	$273,78
224	22/03/2023	$272,29
225	23/03/2023	$277,66
226	24/03/2023	$280,57
227	27/03/2023	$276,38
228	28/03/2023	$275,23
229	29/03/2023	$280,51
230	30/03/2023	$284,05
231	31/03/2023	$288,3
232	03/04/2023	$287,23
233	04/04/2023	$287,18
234	05/04/2023	$284,34
235	06/04/2023	$291,6
236	10/04/2023	$289,39
237	11/04/2023	$282,83
238	12/04/2023	$283,49
239	13/04/2023	$289,84
240	14/04/2023	$286,14
241	17/04/2023	$288,8

t	DATE	CLOSE
242	18/04/2023	$288,37
243	19/04/2023	$288,45
244	20/04/2023	$286,11
245	21/04/2023	$285,76
246	24/04/2023	$281,77
247	25/04/2023	$275,42
248	26/04/2023	$295,37
249	27/04/2023	$304,83
250	28/04/2023	$307,26
251	01/05/2023	$305,56
252	02/05/2023	$305,41
253	03/05/2023	$304,4
254	04/05/2023	$305,41
255	05/05/2023	$310,65
256	08/05/2023	$308,65
257	09/05/2023	$307
258	10/05/2023	$312,31
259	11/05/2023	$310,11
260	12/05/2023	$308,97
261	15/05/2023	$309,46
262	16/05/2023	$311,74
263	17/05/2023	$314
264	18/05/2023	$318,52
265	19/05/2023	$318,34
266	22/05/2023	$321,18
267	23/05/2023	$315,26
268	24/05/2023	$313,85
269	25/05/2023	$325,92

t	DATE	CLOSE
270	26/05/2023	$332,89
271	30/05/2023	$331,21
272	31/05/2023	$328,39
273	01/06/2023	$332,58
274	02/06/2023	$335,4
275	05/06/2023	$335,94
276	06/06/2023	$333,68
277	07/06/2023	$323,38
278	08/06/2023	$325,26
279	09/06/2023	$326,79
280	12/06/2023	$331,85
281	13/06/2023	$334,29
282	14/06/2023	$337,34
283	15/06/2023	$348,1
284	16/06/2023	$342,33
285	20/06/2023	$338,05
286	21/06/2023	$333,56
287	22/06/2023	$339,71
288	23/06/2023	$335,02
289	26/06/2023	$328,6
290	27/06/2023	$334,57
291	28/06/2023	$335,85
292	29/06/2023	$335,05
293	30/06/2023	$340,54
294	03/07/2023	$337,99
295	05/07/2023	$338,15
296	06/07/2023	$341,27
297	07/07/2023	$337,22

t	DATE	CLOSE
298	10/07/2023	$331,83
299	11/07/2023	$332,47
300	12/07/2023	$337,2
301	13/07/2023	$342,66
302	14/07/2023	$345,24
303	17/07/2023	$345,73
304	18/07/2023	$359,49
305	19/07/2023	$355,08
306	20/07/2023	$346,87
307	21/07/2023	$343,77
308	24/07/2023	$345,11
309	25/07/2023	$350,98
310	26/07/2023	$337,77
311	27/07/2023	$330,72
312	28/07/2023	$338,37
313	31/07/2023	$335,92
314	01/08/2023	$336,34
315	02/08/2023	$327,5
316	03/08/2023	$326,66
317	04/08/2023	$327,78
318	07/08/2023	$330,11
319	08/08/2023	$326,05
320	09/08/2023	$322,23
321	10/08/2023	$322,93
322	11/08/2023	$321,01
323	14/08/2023	$324,04
324	15/08/2023	$321,86
325	16/08/2023	$320,4

t	DATE	CLOSE
326	17/08/2023	$316,88
327	18/08/2023	$316,48
328	21/08/2023	$321,88
329	22/08/2023	$322,46
330	23/08/2023	$327
331	24/08/2023	$319,97
332	25/08/2023	$322,98
333	28/08/2023	$323,7
334	29/08/2023	$328,41
335	30/08/2023	$328,79
336	31/08/2023	$327,76
337	01/09/2023	$328,66
338	05/09/2023	$333,55
339	06/09/2023	$332,88
340	07/09/2023	$329,91
341	08/09/2023	$334,27
342	11/09/2023	$337,94
343	12/09/2023	$331,77
344	13/09/2023	$336,06
345	14/09/2023	$338,7
346	15/09/2023	$330,22
347	18/09/2023	$329,06
348	19/09/2023	$328,65
349	20/09/2023	$320,77
350	21/09/2023	$319,53
351	22/09/2023	$317,01
352	25/09/2023	$317,54
353	26/09/2023	$312,14

t	DATE	CLOSE
354	27/09/2023	$312,79
355	28/09/2023	$313,64
356	29/09/2023	$315,75
357	02/10/2023	$321,8
358	03/10/2023	$313,39
359	04/10/2023	$318,96
360	05/10/2023	$319,36
361	06/10/2023	$327,26
362	09/10/2023	$329,82
363	10/10/2023	$328,39
364	11/10/2023	$332,42
365	12/10/2023	$331,16
366	13/10/2023	$327,73
367	16/10/2023	$332,64
368	17/10/2023	$332,06
369	18/10/2023	$330,11
370	19/10/2023	$331,32
371	20/10/2023	$326,67
372	23/10/2023	$329,32
373	24/10/2023	$330,53
374	25/10/2023	$340,67
375	26/10/2023	$327,89
376	27/10/2023	$329,81
377	30/10/2023	$337,31
378	31/10/2023	$338,11
379	01/11/2023	$346,07
380	02/11/2023	$348,32
381	03/11/2023	$352,8

t	DATE	CLOSE
382	06/11/2023	$356,53
383	07/11/2023	$360,53
384	08/11/2023	$363,2
385	09/11/2023	$360,69
386	10/11/2023	$369,67
387	13/11/2023	$366,68
388	14/11/2023	$370,27
389	15/11/2023	$369,67
390	16/11/2023	$376,17
391	17/11/2023	$369,85
392	20/11/2023	$377,44
393	21/11/2023	$373,07
394	22/11/2023	$377,85
395	24/11/2023	$377,43
396	27/11/2023	$378,61
397	28/11/2023	$382,7
398	29/11/2023	$378,85
399	30/11/2023	$378,91
400	01/12/2023	$374,51
401	04/12/2023	$369,14
402	05/12/2023	$372,52
403	06/12/2023	$368,8
404	07/12/2023	$370,95
405	08/12/2023	$374,23
406	11/12/2023	$371,3
407	12/12/2023	$374,38
408	13/12/2023	$374,37
409	14/12/2023	$365,93

t	DATE	CLOSE
410	15/12/2023	$370,73
411	18/12/2023	$372,65
412	19/12/2023	$373,26
413	20/12/2023	$370,62
414	21/12/2023	$373,54
415	22/12/2023	$374,58
416	26/12/2023	$374,66
417	27/12/2023	$374,07
418	28/12/2023	$375,28
419	29/12/2023	$376,04
420	02/01/2024	$370,87
421	03/01/2024	$370,6
422	04/01/2024	$367,94
423	05/01/2024	$367,75
424	08/01/2024	$374,69
425	09/01/2024	$375,79
426	10/01/2024	$382,77
427	11/01/2024	$384,63
428	12/01/2024	$388,47
429	16/01/2024	$390,27
430	17/01/2024	$389,47
431	18/01/2024	$393,87
432	19/01/2024	$398,67
433	22/01/2024	$396,51
434	23/01/2024	$398,9
435	24/01/2024	$402,56
436	25/01/2024	$404,87
437	26/01/2024	$403,93

t	DATE	CLOSE
438	29/01/2024	$409,72
439	30/01/2024	$408,59
440	31/01/2024	$397,58
441	01/02/2024	$403,78
442	02/02/2024	$411,22
443	05/02/2024	$405,65
444	06/02/2024	$405,49
445	07/02/2024	$414,05
446	08/02/2024	$414,11
447	09/02/2024	$420,55
448	12/02/2024	$415,26
449	13/02/2024	$406,32
450	14/02/2024	$409,49
451	15/02/2024	$406,56
452	16/02/2024	$404,06
453	20/02/2024	$402,79
454	21/02/2024	$402,18
455	22/02/2024	$411,65
456	23/02/2024	$410,34
457	26/02/2024	$407,54
458	27/02/2024	$407,48
459	28/02/2024	$407,72
460	29/02/2024	$413,64
461	01/03/2024	$415,5
462	04/03/2024	$414,92
463	05/03/2024	$402,65
464	06/03/2024	$402,09
465	07/03/2024	$409,14

t	DATE	CLOSE
466	08/03/2024	$406,22
467	11/03/2024	$404,52
468	12/03/2024	$415,28
469	13/03/2024	$415,1
470	14/03/2024	$425,22
471	15/03/2024	$416,42
472	18/03/2024	$417,32
473	19/03/2024	$421,41
474	20/03/2024	$425,23
475	21/03/2024	$429,37
476	22/03/2024	$428,74
477	25/03/2024	$422,86
478	26/03/2024	$421,65
479	27/03/2024	$421,43
480	28/03/2024	$420,72
481	01/04/2024	$424,57
482	02/04/2024	$421,44
483	03/04/2024	$420,45
484	04/04/2024	$417,88
485	05/04/2024	$425,52
486	08/04/2024	$424,59
487	09/04/2024	$426,28
488	10/04/2024	$423,26
489	11/04/2024	$427,93
490	12/04/2024	$421,9
491	15/04/2024	$413,64
492	16/04/2024	$414,58
493	17/04/2024	$411,84

t	DATE	CLOSE
494	18/04/2024	$404,27
495	19/04/2024	$399,12
496	22/04/2024	$400,96
497	23/04/2024	$407,57
498	24/04/2024	$409,06
499	25/04/2024	$399,04
500	26/04/2024	$406,32
501	29/04/2024	$402,25
502	30/04/2024	$389,33
503	01/05/2024	$394,94
504	02/05/2024	$397,84
505	03/05/2024	$406,66
506	06/05/2024	$413,54
507	07/05/2024	$409,34
508	08/05/2024	$410,54
509	09/05/2024	$412,32
510	10/05/2024	$414,74
511	13/05/2024	$413,72
512	14/05/2024	$416,56
513	15/05/2024	$423,08
514	16/05/2024	$420,99
515	17/05/2024	$420,21
516	20/05/2024	$425,34
517	21/05/2024	$429,04
518	22/05/2024	$430,52
519	23/05/2024	$427
520	24/05/2024	$430,16
521	28/05/2024	$430,32

t	DATE	CLOSE
522	29/05/2024	$429,17
523	30/05/2024	$414,67
524	31/05/2024	$415,13
525	03/06/2024	$413,52
526	04/06/2024	$416,07
527	05/06/2024	$424,01
528	06/06/2024	$424,52
529	07/06/2024	$423,85
530	10/06/2024	$427,87
531	11/06/2024	$432,68
532	12/06/2024	$441,06
533	13/06/2024	$441,58
534	14/06/2024	$442,57
535	17/06/2024	$448,37
536	18/06/2024	$446,34
537	20/06/2024	$445,70
538	21/06/2024	$449,78
539	24/06/2024	$447,67
540	25/06/2024	$450,95
541	26/06/2024	$452,16
542	27/06/2024	$452,85
543	28/06/2024	$446,95
544	01/07/2024	$456,73
545	02/07/2024	$459,28
546	03/07/2024	$460,77
547	05/07/2024	$467,56
548	08/07/2024	$466,24
549	09/07/2024	$459,54

t	DATE	CLOSE
550	10/07/2024	$466,25
551	11/07/2024	$454,70
552	12/07/2024	$453,55
553	15/07/2024	$453,96
554	16/07/2024	$449,52
555	17/07/2024	$443,52
556	18/07/2024	$440,37
557	19/07/2024	$437,11
558	22/07/2024	$442,94
559	23/07/2024	$444,85
560	24/07/2024	$428,90
561	25/07/2024	$418,40
562	26/07/2024	$425,27
563	29/07/2024	$426,73
564	30/07/2024	$422,92
565	31/07/2024	$418,35
566	01/08/2024	$417,11
567	02/08/2024	$408,49
568	05/08/2024	$395,15
569	06/08/2024	$399,61
570	07/08/2024	$398,43
571	08/08/2024	$402,69
572	09/08/2024	$406,02
573	12/08/2024	$406,81
574	13/08/2024	$414,01
575	14/08/2024	$416,86
576	15/08/2024	$421,03
577	16/08/2024	$418,47

t	DATE	CLOSE
578	19/08/2024	$421,53
579	20/08/2024	$424,80
580	21/08/2024	$424,14
581	22/08/2024	$415,55
582	23/08/2024	$416,79
583	26/08/2024	$413,49
584	27/08/2024	$413,84
585	28/08/2024	$410,60
586	29/08/2024	$413,12
587	30/08/2024	$417,14
588	03/09/2024	$409,44
589	04/09/2024	$408,90
590	05/09/2024	$408,39
591	06/09/2024	$401,70
592	09/09/2024	$405,72
593	10/09/2024	$414,20
594	11/09/2024	$423,04
595	12/09/2024	$427,00
596	13/09/2024	$430,59
597	16/09/2024	$431,34
598	17/09/2024	$435,15
599	18/09/2024	$430,81
600	19/09/2024	$438,69
601	20/09/2024	$435,27
602	23/09/2024	$433,51
603	24/09/2024	$429,17
604	25/09/2024	$432,11
605	26/09/2024	$431,31

t	DATE	CLOSE
606	27/09/2024	$428,02
607	30/09/2024	$430,30
608	01/10/2024	$420,69
609	02/10/2024	$417,13
610	03/10/2024	$416,54
611	04/10/2024	$416,06
612	07/10/2024	$409,54
613	08/10/2024	$414,71
614	09/10/2024	$417,46
615	10/10/2024	$415,84
616	11/10/2024	$416,32
617	14/10/2024	$419,14
618	15/10/2024	$418,74
619	16/10/2024	$416,12
620	17/10/2024	$416,72
621	18/10/2024	$418,16
622	21/10/2024	$418,78
623	22/10/2024	$427,51
624	23/10/2024	$424,60
625	24/10/2024	$424,73
626	25/10/2024	$428,15
627	28/10/2024	$426,59
628	29/10/2024	$431,95
629	30/10/2024	$432,53
630	31/10/2024	$406,35
631	01/11/2024	$410,37
632	04/11/2024	$408,46
633	05/11/2024	$411,46

t	DATE	CLOSE
634	06/11/2024	$420,18
635	07/11/2024	$425,43
636	08/11/2024	$422,54
637	11/11/2024	$418,01
638	12/11/2024	$423,03
639	13/11/2024	$425,20
640	14/11/2024	$426,89
641	15/11/2024	$415,00
642	18/11/2024	$415,76
643	19/11/2024	$417,79
644	20/11/2024	$415,49
645	21/11/2024	$412,87
646	22/11/2024	$417,00
647	25/11/2024	$418,79
648	26/11/2024	$427,99
649	27/11/2024	$422,99
650	29/11/2024	$423,46
651	02/12/2024	$430,98
652	03/12/2024	$431,20
653	04/12/2024	$437,42
654	05/12/2024	$442,62
655	06/12/2024	$443,57
656	09/12/2024	$446,02
657	10/12/2024	$443,33
658	11/12/2024	$448,99
659	12/12/2024	$449,56
660	13/12/2024	$447,27
661	16/12/2024	$451,59

t	DATE	CLOSE
662	17/12/2024	$454,46
663	18/12/2024	$437,39
664	19/12/2024	$437,03
665	20/12/2024	$436,60
666	23/12/2024	$435,25
667	24/12/2024	$439,33
668	26/12/2024	$438,11
669	27/12/2024	$430,53
670	30/12/2024	$424,83
671	31/12/2024	$421,50
672	02/01/2025	$418,58
673	03/01/2025	$423,35
674	06/01/2025	$427,85
675	07/01/2025	$422,37
676	08/01/2025	$424,56
677	10/01/2025	$418,95
678	13/01/2025	$417,19
679	14/01/2025	$415,67
680	15/01/2025	$426,31
681	16/01/2025	$424,58
682	17/01/2025	$429,03
683	21/01/2025	$428,50
684	22/01/2025	$446,20
685	23/01/2025	$446,71
686	24/01/2025	$444,06
687	27/01/2025	$434,56
688	28/01/2025	$447,20
689	29/01/2025	$442,33

t	DATE	CLOSE
690	30/01/2025	$414,99
691	31/01/2025	$415,06
692	03/02/2025	$410,92
693	04/02/2025	$412,37
694	05/02/2025	$413,29
695	06/02/2025	$415,82
696	07/02/2025	$409,75
697	10/02/2025	$412,22
698	11/02/2025	$411,44
699	12/02/2025	$409,04
700	13/02/2025	$410,54
701	14/02/2025	$408,43
702	18/02/2025	$409,64
703	19/02/2025	$414,77
704	20/02/2025	$416,13
705	21/02/2025	$408,21
706	24/02/2025	$404,00
707	25/02/2025	$397,90
708	26/02/2025	$399,73
709	27/02/2025	$392,53
710	28/02/2025	$396,99
711	03/03/2025	$388,49
712	04/03/2025	$388,61
713	05/03/2025	$401,02
714	06/03/2025	$396,89
715	07/03/2025	$393,31
716	10/03/2025	$380,16
717	11/03/2025	$380,45

t	DATE	CLOSE
718	12/03/2025	$383,27
719	13/03/2025	$378,77
720	14/03/2025	$388,56
721	17/03/2025	$388,70
722	18/03/2025	$383,52
723	19/03/2025	$387,82
724	20/03/2025	$386,84
725	21/03/2025	$391,26
726	24/03/2025	$393,08
727	25/03/2025	$395,16
728	26/03/2025	$389,97
729	27/03/2025	$390,58
730	28/03/2025	$378,80
731	29/03/2025	$375,39
732	01/04/2025	$382,19
733	02/04/2025	$382,14
734	03/04/2025	$373,11
735	04/04/2025	$359,84

t	DATE	CLOSE
736	07/04/2025	$357,86
737	08/04/2025	$354,56
738	09/04/2025	$390,49
739	10/04/2025	$381,35
740	11/04/2025	$388,45
741	14/04/2025	$387,81
742	15/04/2025	$385,73
743	16/04/2025	$371,61
744	17/04/2025	$367,78
745	21/04/2025	$359,12
746	22/04/2025	$366,82
747	23/04/2025	$374,39
748	24/04/2025	$387,30
749	25/04/2025	$391,85
750	28/04/2025	$391,16
751	29/04/2025	$394,04
752	30/04/2025	$395,26
753	01/05/2025	$425,4

Lampiran 2. Perhitungan Nilai Return

t	RETURN
0	#VALUE!
1	0,024735
2	-0,0095
3	0,028685
4	-0,04453
5	-0,00949
6	-0,03765
7	0,018425
8	-0,03377
9	-0,02016
10	0,022345
11	0,001454
12	0,02014
13	-0,04893
14	-0,00371
15	-0,00229
16	0,03153
17	-0,00396
18	0,011108
19	0,012793
20	0,02723
21	-0,00503
22	0,002021
23	0,007898
24	-0,01675
25	-0,00471

t	RETURN
26	0,013857
27	-0,0077
28	-0,021
29	-0,04559
30	-0,04334
31	0,009163
32	0,029302
33	-0,02734
34	0,010881
35	0,024294
36	-0,00241
37	0,022384
38	0,03358
39	-0,01055
40	-0,03226
41	0,01463
42	-0,01327
43	0,010651
44	0,012519
45	0,012702
46	0,008193
47	-0,00276
48	-0,01184
49	-0,04184
50	-0,00375
51	0,005367

t	RETURN
52	0,010337
53	-0,00967
54	0,020554
55	0,010502
56	0,009751
57	-0,01706
58	-0,00589
59	-0,02714
60	0,064712
61	0,028141
62	0,015544
63	-0,00977
64	-0,01154
65	0,027456
66	0,004169
67	-0,00261
68	-0,0092
69	0,007038
70	0,02401
71	-0,00743
72	0,016894
73	0,00533
74	-0,00259
75	-0,00476
76	-0,00396
77	-0,01395
78	-0,02979
79	-0,00473

t	RETURN
80	-0,00235
81	0,011034
82	-0,03935
83	-0,01073
84	-0,00856
85	-0,00572
86	-0,0041
87	-0,01681
88	-0,01103
89	0,018931
90	0,001665
91	0,022717
92	0,008247
93	-0,05655
94	0,000912
95	-0,02749
96	-0,00261
97	-0,0009
98	-0,0085
99	-0,01454
100	0,00846
101	-0,01278
102	-0,00198
103	-0,00439
104	0,01952
105	-0,01492
106	-0,01956
107	0,033108

t	RETURN
108	0,033253
109	0,001285
110	-0,00972
111	-0,05219
112	-0,02153
113	-0,01689
114	0,001507
115	0,036918
116	-0,02455
117	0,038495
118	0,004075
119	-0,00851
120	-0,0014
121	0,024966
122	0,020967
123	0,013697
124	-0,0803
125	-0,01995
126	0,039433
127	-0,01598
128	-0,01721
129	-0,03601
130	-0,02694
131	0,032782
132	0,028849
133	0,004379
134	-0,01923
135	0,079059

t	RETURN
136	0,016854
137	-0,02276
138	0,001737
139	-0,00099
140	-0,00021
141	-0,00191
142	0,003435
143	0,012236
144	0,010353
145	-0,00036
146	-0,02342
147	-0,00593
148	0,059799
149	-0,00177
150	0,001295
151	-0,01908
152	-0,02051
153	-0,00306
154	0,012323
155	-0,00804
156	0,02848
157	0,017314
158	0,001167
159	-0,03244
160	-0,0175
161	-0,01748
162	0,005599
163	0,010818

t	RETURN
164	-0,02586
165	0,002265
166	-0,00744
167	-0,01031
168	0,027255
169	-0,00495
170	-0,001
171	-0,04473
172	-0,03009
173	0,011716
174	0,009689
175	0,007588
176	0,02979
177	0,011554
178	0,003014
179	0,004671
180	-0,01907
181	-0,01659
182	0,03512
183	0,009776
184	-0,00223
185	-0,00593
186	0,030251
187	0,000645
188	-0,02221
189	0,020795
190	0,019739
191	0,045818

t	RETURN
192	-0,0239
193	-0,00613
194	0,041163
195	-0,00311
196	-0,01173
197	-0,00197
198	0,030765
199	0,003128
200	-0,01053
201	-0,02698
202	-0,01572
203	-0,02111
204	-0,0046
205	0,012878
206	-0,02203
207	0,003765
208	-0,00296
209	-0,01271
210	0,019463
211	0,016509
212	0,00617
213	-0,01065
214	-0,00177
215	-0,00545
216	-0,01489
217	0,021214
218	0,026696
219	0,017673

t	RETURN
220	0,039736
221	0,011627
222	-0,0261
223	0,005678
224	-0,00546
225	0,01953
226	0,010426
227	-0,01505
228	-0,00417
229	0,019002
230	0,012541
231	0,014851
232	-0,00372
233	-0,00017
234	-0,00994
235	0,025212
236	-0,00761
237	-0,02293
238	0,002331
239	0,022152
240	-0,01285
241	0,009253
242	-0,00149
243	0,000277
244	-0,00815
245	-0,00122
246	-0,01406
247	-0,02279

t	RETURN
248	0,069932
249	0,031525
250	0,00794
251	-0,00555
252	-0,00049
253	-0,00331
254	0,003313
255	0,017012
256	-0,00646
257	-0,00536
258	0,017149
259	-0,00707
260	-0,00368
261	0,001585
262	0,007341
263	0,007224
264	0,014292
265	-0,00057
266	0,008882
267	-0,0186
268	-0,00448
269	0,037737
270	0,02116
271	-0,00506
272	-0,00855
273	0,012678
274	0,008443
275	0,001609

t	RETURN
276	-0,00675
277	-0,03135
278	0,005797
279	0,004693
280	0,015365
281	0,007326
282	0,009082
283	0,031399
284	-0,01671
285	-0,01258
286	-0,01337
287	0,01827
288	-0,0139
289	-0,01935
290	0,018005
291	0,003819
292	-0,00238
293	0,016253
294	-0,00752
295	0,000473
296	0,009184
297	-0,01194
298	-0,01611
299	0,001927
300	0,014127
301	0,016062
302	0,007501
303	0,001418

t	RETURN
304	0,039028
305	-0,01234
306	-0,02339
307	-0,00898
308	0,00389
309	0,016866
310	-0,03836
311	-0,02109
312	0,022868
313	-0,00727
314	0,001249
315	-0,02663
316	-0,00257
317	0,003423
318	0,007083
319	-0,01238
320	-0,01179
321	0,00217
322	-0,00596
323	0,009395
324	-0,00675
325	-0,00455
326	-0,01105
327	-0,00126
328	0,016919
329	0,0018
330	0,013981
331	-0,02173

t	RETURN
332	0,009363
333	0,002227
334	0,014446
335	0,001156
336	-0,00314
337	0,002742
338	0,014769
339	-0,00201
340	-0,00896
341	0,013129
342	0,010919
343	-0,01843
344	0,012848
345	0,007825
346	-0,02536
347	-0,00352
348	-0,00125
349	-0,02427
350	-0,00387
351	-0,00792
352	0,00167
353	-0,01715
354	0,00208
355	0,002714
356	0,006705
357	0,018979
358	-0,02648
359	0,017617

t	RETURN
360	0,001253
361	0,024436
362	0,007792
363	-0,00435
364	0,012197
365	-0,0038
366	-0,01041
367	0,014871
368	-0,00175
369	-0,00589
370	0,003659
371	-0,01413
372	0,008079
373	0,003667
374	0,030217
375	-0,03824
376	0,005838
377	0,022486
378	0,002369
379	0,02327
380	0,006481
381	0,01278
382	0,010517
383	0,011157
384	0,007379
385	-0,00693
386	0,024592
387	-0,00812

t	RETURN
388	0,009743
389	-0,00162
390	0,01743
391	-0,01694
392	0,020314
393	-0,01165
394	0,012731
395	-0,00111
396	0,003122
397	0,010745
398	-0,01011
399	0,000158
400	-0,01168
401	-0,01444
402	0,009115
403	-0,01004
404	0,005813
405	0,008803
406	-0,00786
407	0,008261
408	-2,7E-05
409	-0,0228
410	0,013032
411	0,005166
412	0,001636
413	-0,0071
414	0,007848
415	0,00278

t	RETURN
416	0,000214
417	-0,00158
418	0,003229
419	0,002023
420	-0,01384
421	-0,00073
422	-0,0072
423	-0,00052
424	0,018696
425	0,002931
426	0,018404
427	0,004848
428	0,009934
429	0,004623
430	-0,00205
431	0,011234
432	0,012113
433	-0,00543
434	0,006009
435	0,009133
436	0,005722
437	-0,00232
438	0,014232
439	-0,00276
440	-0,02732
441	0,015474
442	0,018258
443	-0,01364

t	RETURN
444	-0,00039
445	0,020891
446	0,000145
447	0,015432
448	-0,01266
449	-0,02176
450	0,007771
451	-0,00718
452	-0,00617
453	-0,00315
454	-0,00152
455	0,023274
456	-0,00319
457	-0,00685
458	-0,00015
459	0,000589
460	0,014415
461	0,004487
462	-0,0014
463	-0,03002
464	-0,00139
465	0,017381
466	-0,00716
467	-0,00419
468	0,026252
469	-0,00043
470	0,024087
471	-0,02091

t	RETURN
472	0,002159
473	0,009753
474	0,009024
475	0,009689
476	-0,00147
477	-0,01381
478	-0,00287
479	-0,00052
480	-0,00169
481	0,009109
482	-0,0074
483	-0,00235
484	-0,00613
485	0,018118
486	-0,00219
487	0,003972
488	-0,00711
489	0,010973
490	-0,01419
491	-0,01977
492	0,00227
493	-0,00663
494	-0,01855
495	-0,01282
496	0,0046
497	0,016351
498	0,003649
499	-0,0248

t	RETURN
500	0,018079
501	-0,01007
502	-0,03265
503	0,014307
504	0,007316
505	0,021928
506	0,016777
507	-0,01021
508	0,002927
509	0,004326
510	0,005852
511	-0,00246
512	0,006841
513	0,015531
514	-0,00495
515	-0,00185
516	0,012134
517	0,008661
518	0,003444
519	-0,00821
520	0,007373
521	0,000372
522	-0,00268
523	-0,03437
524	0,001109
525	-0,00389
526	0,006148
527	0,018904

t	RETURN
528	0,001202
529	-0,00158
530	0,00944
531	0,011179
532	0,019182
533	0,001178
534	0,002239
535	0,01302
536	-0,00454
537	-0,00143
538	0,009112
539	-0,0047
540	0,0073
541	0,00268
542	0,001525
543	-0,01311
544	0,021646
545	0,005568
546	0,003239
547	0,014629
548	-0,00283
549	-0,01447
550	0,014496
551	-0,02508
552	-0,00253
553	0,000904
554	-0,00983
555	-0,01344

t	RETURN
556	-0,00713
557	-0,00743
558	0,013249
559	0,004303
560	-0,03651
561	-0,02479
562	0,016286
563	0,003427
564	-0,00897
565	-0,01086
566	-0,00297
567	-0,02088
568	-0,0332
569	0,011224
570	-0,00296
571	0,010635
572	0,008235
573	0,001944
574	0,017544
575	0,00686
576	0,009954
577	-0,0061
578	0,007286
579	0,007728
580	-0,00155
581	-0,02046
582	0,00298
583	-0,00795

t	RETURN
584	0,000846
585	-0,00786
586	0,006119
587	0,009684
588	-0,01863
589	-0,00132
590	-0,00125
591	-0,01652
592	0,009958
593	0,020686
594	0,021118
595	0,009317
596	0,008372
597	0,00174
598	0,008794
599	-0,01002
600	0,018126
601	-0,00783
602	-0,00405
603	-0,01006
604	0,006827
605	-0,00185
606	-0,00766
607	0,005313
608	-0,02259
609	-0,0085
610	-0,00142
611	-0,00115

t	RETURN
612	-0,01579
613	0,012545
614	0,006609
615	-0,00389
616	0,001154
617	0,006751
618	-0,00095
619	-0,00628
620	0,001441
621	0,00345
622	0,001482
623	0,020632
624	-0,00683
625	0,000306
626	0,00802
627	-0,00365
628	0,012486
629	0,001342
630	-0,06244
631	0,009844
632	-0,00467
633	0,007318
634	0,020971
635	0,012417
636	-0,00682
637	-0,01078
638	0,011938
639	0,005117

t	RETURN
640	0,003967
641	-0,02825
642	0,00183
643	0,004871
644	-0,00552
645	-0,00633
646	0,009953
647	0,004283
648	0,02173
649	-0,01175
650	0,001111
651	0,017603
652	0,00051
653	0,014322
654	0,011818
655	0,002144
656	0,005508
657	-0,00605
658	0,012686
659	0,001269
660	-0,00511
661	0,009612
662	0,006335
663	-0,03828
664	-0,00082
665	-0,00098
666	-0,0031
667	0,00933

t	RETURN
668	-0,00278
669	-0,01745
670	-0,01333
671	-0,00787
672	-0,00695
673	0,011331
674	0,010573
675	-0,01289
676	0,005172
677	-0,0133
678	-0,00421
679	-0,00365
680	0,025275
681	-0,00407
682	0,010426
683	-0,00124
684	0,040477
685	0,001142
686	-0,00595
687	-0,02163
688	0,028672
689	-0,01095
690	-0,0638
691	0,000169
692	-0,01002
693	0,003522
694	0,002229
695	0,006103

t	RETURN
696	-0,01471
697	0,00601
698	-0,00189
699	-0,00585
700	0,00366
701	-0,00515
702	0,002958
703	0,012445
704	0,003274
705	-0,01922
706	-0,01037
707	-0,01521
708	0,004589
709	-0,01818
710	0,011298
711	-0,02164
712	0,000309
713	0,031435
714	-0,01035
715	-0,00906
716	-0,03401
717	0,000763
718	0,007385
719	-0,01181
720	0,025518
721	0,00036
722	-0,01342
723	0,01115

t	RETURN
724	-0,00253
725	0,011361
726	0,004641
727	0,005278
728	-0,01322
729	0,001563
730	-0,03062
731	-0,00904
732	0,017952
733	-0,00013
734	-0,02391
735	-0,03621
736	-0,00552
737	-0,00926
738	0,096525

t	RETURN
739	-0,02368
740	0,018447
741	-0,00165
742	-0,00538
743	-0,03729
744	-0,01036
745	-0,02383
746	0,021215
747	0,020427
748	0,033902
749	0,01168
750	-0,00176
751	0,007336
752	0,003091
753	0,073486

Lampiran 3. Perhitungan MAPE

Indeks waktu	C Binomial GARCH	C aktual	Error	Nilai Absolud Error	MAPE (%)
t	Ft	At	At-Ft	|At-Ft|	|(At-Ft)/At|x 100%
1	55,8	26,14	-29,66	29,66	1,14%
2	62,1	32,23	-29,87	29,87	0,93%
3	58,7	28,8	-29,9	29,9	1,04%
4	52,8	24,7	-28,1	28,1	1,14%
5	49,9	20,65	-29,25	29,25	1,42%
Rata-rata MAPE					1,134%

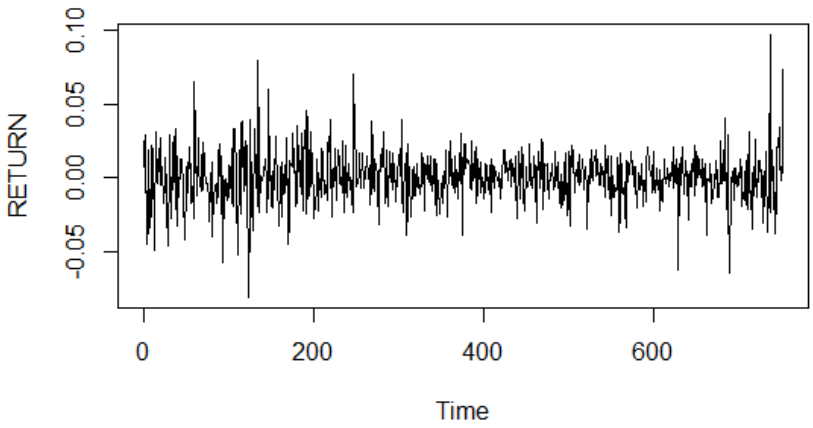
Indeks waktu	P Binomial GARCH	P aktual	Error	Nilai Absolud Error	MAPE (%)
t	Ft	At	At-Ft	|At-Ft|	|(At-Ft)/At|x 100%
1	20,47	23	2,53	2,53	0,11%
2	16,84	18,25	1,41	1,41	0,08%
3	18,48	19,95	1,47	1,47	0,07%
4	22,47	27,15	4,68	4,68	0,17%
5	24,48	31,15	6,67	6,67	0,21%
Rata-rata MAPE					0,128%

Lampiran 4. Program GARCH

```
View(DATARETURN)
summary(DATARETURN)
library(tseries)
plot.ts(DATARETURN)
#uji ADF
adf.test(DATARETURN$RETURN)
#plot ACF dan PACF data Return
acf=acf(DATARETURN$RETURN,main="ACF Return" )
acf
pacf=pacf(DATARETURN$RETURN,main="PACF Return")
pacf
#Estimasi Parameter ARMA dan uji White Noise
arima10=arima(x=DATARETURN,order = c(1,0,0))
arima100
Box.test(resid(arima100),type = "Ljung",lag =
20,fitdf =1 )
resid100=resid((arima100),lag=20,fitdf=1)
resid100
arima101=arima(x=DATARETURN,order=c(1,0,1))
arima101
Box.test(resid(arima101),type = "Ljung",lag =
20,fitdf =1 )
Resid101=resid((arima101),lag=20,fitdf=1)
resid101
arima001=arima(x=DATARETURN,order = c(0,0,1))
arma001
Box.test(resid(arima001),type = "Ljung",lag =
20,fitdf = 1)
resid001=resid((arima001),lag=20,fitdf=1)
resid001
#uji efek ARCH
library(FinTS)
ArchTest<-ArchTest(resid01,demean = TRUE)
ArchTest
```

```
#estimasiGARCH
library(tseries)
library(rugarch)
library(fGarch)
#ESTIMASIMODELMA(1)DENGAN MODEL GARCH
GARCH11<-garchFit(~ma(1)+garch(1,1),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH11)
GARCH12<-garchFit(~ma(1)+garch(1,2),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH12)
GARCH21<-garchFit(~ma(1)+garch(2,1),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH21)
GARCH22<-garchFit(~ma(1)+garch(2,2),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH22)
GARCH23<-garchFit(~ma(1)+garch(2,3),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH23)
GARCH31<-garchFit(~ma(1)+garch(3,1),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH31)
GARCH32<-garchFit(~ma(1)+garch(3,2),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH32)
GARCH33<-garchFit(~ma(1)+garch(3,3),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
summary(GARCH33)
#MENAMILKAN NILAI CONDITIONAL VARIANCE
GARCH12@h.t
```

```
> View(DATARETURN)
> summary(DATARETURN)
    RETURN
 Min.   :-0.0802954
 1st Qu.:-0.0081455
 Median : 0.0005888
 Mean   : 0.0005673
 3rd Qu.: 0.0099577
 Max.   : 0.0965248
> library(tseries)
> plot.ts(DATARETURN)
```




```
> #uji ADF
```

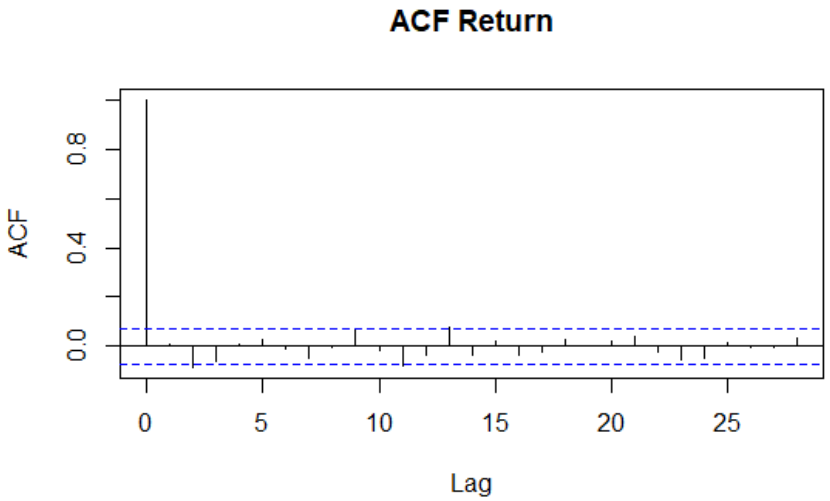
```
> adf.test(DATARETURN$RETURN)
        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  DATARETURN$RETURN
Dickey-Fuller = -8.6522, Lag order = 9, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

> #plot ACF dan PACF data Return
> acf=acf(DATARETURN$RETURN,main="ACF Return" )
> acf

Autocorrelations of series 'DATARETURN$RETURN', by lag

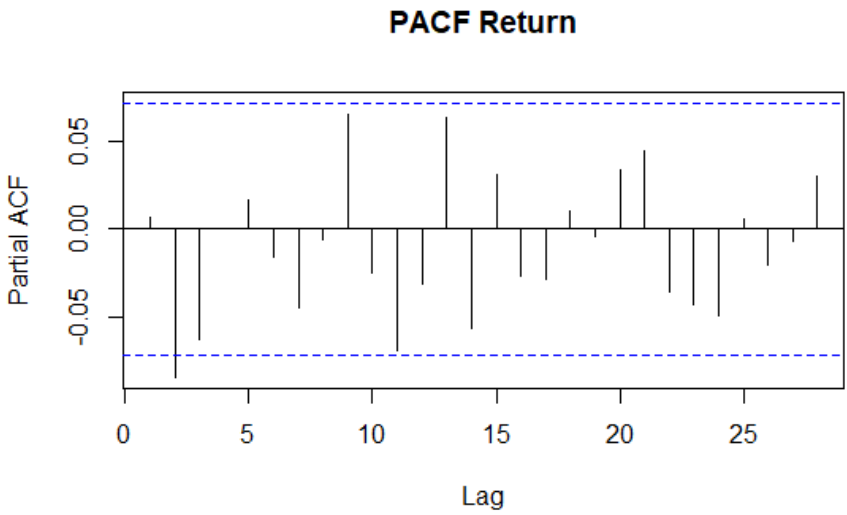
    0     1     2     3     4     5     6     7     8     9    10    11
 1.000 0.006 -0.084 -0.063 0.007 0.027 -0.012 -0.048 -0.007 0.073
-0.017 -0.079
   12    13    14    15    16    17    18    19    20    21    22    23
-0.038 0.077 -0.036 0.022 -0.035 -0.026 0.026 0.002 0.022 0.041
-0.024 -0.052
   24    25    26    27    28
-0.050 0.013 -0.004 -0.007 0.036
```



> pacf=pacf(DATARETURN$RETURN,main="PACF Return")
> pacf

Partial autocorrelations of series 'DATARETURN$RETURN', by lag

```
   1    2    3    4    5    6    7    8    9   10   11   12
 0.006 -0.084 -0.063  0.001  0.016 -0.016 -0.044 -0.006  0.065 -0.025
-0.069 -0.031
   13   14   15   16   17   18   19   20   21   22   23   24
 0.064 -0.056  0.031 -0.026 -0.029  0.010 -0.004  0.034  0.045 -0.035
-0.042 -0.049
   25   26   27   28
 0.006 -0.020 -0.006  0.030
```




```
> #Estimasi Parameter ARIMA dan uji White Noise
> arima100=arima(x=DATARETURN,order = c(1,0,0))
> arima100

Call:
arima(x = DATARETURN, order = c(1, 0, 0))

Coefficients:
         ar1  intercept
      0.0065      6e-04
s.e.  0.0369      6e-04

sigma^2 estimated as 0.0002996:  log likelihood = 1986.16,  aic = -
3966.31
> Box.test(resid(arima100),type = "Ljung",lag = 20,fitdf =1 )

            Box-Ljung test
```

```
data:  resid(arima100)
X-squared = 29.194, df = 19, p-value = 0.063
> arima101=arima(x=DATARETURN,order=c(1,0,1))
> arima101

Call:
arima(x = DATARETURN, order = c(1, 0, 1))

Coefficients:
         ar1     ma1  intercept
      -0.9165  0.9355      6e-04
s.e.   0.0659  0.0578      6e-04

`sigma^2 estimated as 0.0002989:  log likelihood = 1986.96,  aic = -
3965.92
Box.test(resid(arima101),type = "Ljung",lag = 20,fitdf =1 )

            Box-Ljung test

data:  resid(arima101)
X-squared = 27.461, df = 19, p-value = 0.09436

> arima001=arima(x=DATARETURN,order = c(0,0,1))
> arima001

Call:
arima(x = DATARETURN, order = c(0, 0,1))

Coefficients:
        ma1  intercept
     0.0078      6e-04
s.e.  0.0405     6e-04
```

```
sigma^2 estimated as 0.0002996:  log likelihood = 1986.16,  aic = -
3966.32
> Box.test(resid(arima001),type = "Ljung",lag = 20,fitdf = 1)

        Box-Ljung test

data:  resid(arima001)
X-squared = 29.176, df = 19, p-value = 0.06326

> resid001=resid((arma01),lag=20,fitdf=1)
> resid001
Time Series:
Start = 1
End = 753
Frequency = 1
  [1]  2.416641e-02 -1.025786e-02  2.819790e-02 -4.531993e-02 -
9.704714e-03 -3.813702e-02
  [7]  1.815532e-02 -3.448333e-02 -2.045759e-02  2.193716e-02
7.149848e-04  1.956673e-02
 [13] -4.964582e-02 -3.885949e-03 -2.831160e-03  3.098410e-02 -
4.769479e-03  1.057783e-02
 [19]  1.214263e-02  2.656757e-02 -5.801957e-03  1.498727e-03
7.318156e-03 -1.737154e-02
 [25] -5.146255e-03  1.332959e-02 -8.371207e-03 -2.150448e-02 -
4.598664e-02 -4.354654e-02
 [31]  8.935768e-03  2.866423e-02 -2.813233e-02  1.053298e-02
2.364364e-02 -3.159521e-03
 [37]  2.184112e-02  3.284118e-02 -1.137681e-02 -3.274270e-02
1.431880e-02 -1.394650e-02
 [43]  1.019192e-02  1.187126e-02  1.204136e-02  7.531086e-03 -
3.387437e-03 -1.237964e-02
 [49] -4.231578e-02 -3.988818e-03  4.830525e-03  9.731346e-03 -
1.031176e-02  2.006721e-02
```

[55] 9.777544e-03 9.107234e-03 -1.769954e-02 -6.323086e-03 -2.765751e-02 6.436077e-02
[61] 2.706995e-02 1.476427e-02 -1.045497e-02 -1.202669e-02 2.698235e-02 3.390008e-03
[67] -3.206427e-03 -9.739626e-03 6.546932e-03 2.339100e-02 -8.178936e-03 1.638996e-02
[73] 4.634008e-03 -3.197028e-03 -5.302676e-03 -4.481566e-03 -1.448352e-02 -3.024913e-02
[79] -5.058762e-03 -2.882200e-03 1.048913e-02 -4.000101e-02 -1.098019e-02 -9.039281e-03
[85] -6.217408e-03 -4.619743e-03 -1.733867e-02 -1.146674e-02 1.845318e-02 9.526713e-04
[91] 2.214182e-02 7.506091e-03 -5.717388e-02 7.917190e-04 -2.806756e-02 -2.959807e-03
[97] -1.443869e-03 -9.058033e-03 -1.503804e-02 8.009520e-03 -1.340978e-02 -2.440239e-03
[103] -4.938070e-03 1.899070e-02 -1.563596e-02 -2.000389e-02 3.269712e-02 3.242995e-02
[109] 4.636007e-04 -1.028935e-02 -5.267872e-02 -2.168888e-02 -1.729021e-02 1.074727e-03
[115] 3.634196e-02 -2.539940e-02 3.812611e-02 3.209537e-03 -9.098482e-03 -1.892992e-03
[121] 2.441339e-02 2.020791e-02 1.297176e-02 -8.096453e-02 -1.988851e-02 3.902053e-02
[127] -1.685604e-02 -1.764250e-02 -3.643867e-02 -2.722119e-02 3.242747e-02 2.802814e-02
[133] 3.591987e-03 -1.982969e-02 7.864627e-02 1.567175e-02 -2.344733e-02 1.352921e-03
[139] -1.570645e-03 -7.622870e-04 -2.466856e-03 2.886542e-03 1.164605e-02 9.694354e-03
[145] -1.007078e-03 -2.398454e-02 -6.312621e-03 5.928110e-02 -2.796565e-03 7.490381e-04
[151] -1.965495e-02 -2.092671e-02 -3.468459e-03 1.178242e-02 -8.695249e-03 2.798012e-02

[157] 1.652747e-02 4.700094e-04 -3.301009e-02 -1.781047e-02 -1.790837e-02 5.171148e-03
[163] 1.020986e-02 -2.650779e-02 1.904109e-03 -8.024393e-03 -1.081281e-02 2.677176e-02
[169] -5.726788e-03 -1.524182e-03 -4.528456e-02 -3.029938e-02 1.138567e-02 9.032547e-03
[175] 6.949974e-03 2.916793e-02 1.075865e-02 2.362370e-03 4.084636e-03 -1.966947e-02
[181] -1.700469e-02 3.468489e-02 8.937451e-03 -2.866174e-03 -6.470883e-03 2.973429e-02
[187] -1.552516e-04 -2.277285e-02 2.040537e-02 1.901128e-02 4.510205e-02 -2.482440e-02
[193] -6.508141e-03 4.064633e-02 -3.992436e-03 -1.226477e-02 -2.446223e-03 3.021619e-02
[199] 2.323967e-03 -1.111250e-02 -2.746425e-02 -1.607765e-02 -2.154979e-02 -5.000722e-03
[205] 1.234988e-02 -2.268942e-02 3.374426e-03 -3.556597e-03 -1.324958e-02 1.899850e-02
[211] 1.579277e-02 5.478779e-03 -1.125602e-02 -2.251835e-03 -6.004388e-03 -1.541395e-02
[217] 2.076716e-02 2.596617e-02 1.690256e-02 3.903658e-02 1.075354e-02 -2.675624e-02
[223] 5.319068e-03 -6.066442e-03 1.900940e-02 9.709565e-03 -1.569015e-02 -4.614591e-03
[229] 1.847065e-02 1.182869e-02 1.419113e-02 -4.396907e-03 -7.074633e-04 -1.050064e-02
[235] 2.472675e-02 -8.368771e-03 -2.343159e-02 1.946395e-03 2.156930e-02 -1.358415e-02
[241] 8.791648e-03 -2.126451e-03 -2.736225e-04 -8.711056e-03 -1.723539e-03 -1.461545e-02
[247] -2.324724e-02 6.954564e-02 3.041386e-02 7.134590e-03 -6.171662e-03 -1.010433e-03
[253] -3.872335e-03 2.775132e-03 1.642231e-02 -7.155047e-03 -5.871922e-03 1.662676e-02

[259] -7.766971e-03 -4.189791e-03 1.049697e-03 6.764759e-03
6.602916e-03 1.367292e-02
[265] -1.239870e-03 8.323713e-03 -1.923675e-02 -4.899802e-03
3.720743e-02 2.030150e-02
[271] -5.786017e-03 -9.073062e-03 1.218168e-02 7.780481e-03
9.802088e-04 -7.325509e-03
[277] -3.186472e-02 5.478270e-03 4.082362e-03 1.476567e-02
6.642665e-03 8.462765e-03
[283] 3.076463e-02 -1.752294e-02 -1.301203e-02 -1.383696e-02
1.781005e-02 -1.460906e-02
[289] -1.980242e-02 1.759209e-02 3.113237e-03 -2.976951e-03
1.570847e-02 -8.206876e-03
[295] -3.022766e-05 8.616897e-03 -1.257346e-02 -1.658216e-02
1.488865e-03 1.354729e-02
[301] 1.538882e-02 6.813048e-03 7.973843e-04 3.845425e-02 -
1.321167e-02 -2.385740e-02
[307] -9.358383e-03 3.395857e-03 1.627186e-02 -3.905906e-02 -
2.135530e-02 2.246717e-02
[313] -8.010272e-03 7.444144e-04 -2.720800e-02 -2.923090e-03
2.877927e-03 6.493039e-03
[319] -1.299365e-02 -1.225118e-02 1.698062e-03 -6.544226e-03
8.878170e-03 -7.387493e-03
[325] -5.056347e-03 -1.157518e-02 -1.740259e-03 1.636465e-02
1.104581e-03 1.340477e-02
[331] -2.240545e-02 8.970712e-03 1.588916e-03 1.386552e-02
4.803121e-04 -3.709062e-03
[337] 2.203442e-03 1.418402e-02 -2.689279e-03 -9.508840e-03
1.263578e-02 1.025285e-02
[343] -1.907432e-02 1.242926e-02 7.160193e-03 -2.597938e-02 -
3.883533e-03 -1.784086e-03
[349] -2.482276e-02 -4.246733e-03 -8.452296e-03 1.168877e-03 -
1.772880e-02 1.651163e-03
[355] 2.133206e-03 6.120506e-03 1.836388e-02 -2.719303e-02
1.726217e-02 5.505845e-04

[361] 2.386405e-02 7.037765e-03 -4.967830e-03 1.166845e-02 -4.456557e-03 -1.094436e-02
[367] 1.438863e-02 -2.425415e-03 -6.438509e-03 3.141467e-03 -1.472643e-02 7.626887e-03
[373] 3.040143e-03 2.962541e-02 -3.903544e-02 5.576064e-03 2.187436e-02 1.630104e-03
[379] 2.268940e-02 5.735402e-03 1.216713e-02 9.854252e-03 1.051203e-02 6.728612e-03
[385] -7.555123e-03 2.408327e-02 -8.877266e-03 9.244654e-03 -2.261677e-03 1.688045e-02
[391] -1.764337e-02 1.988437e-02 -1.236873e-02 1.226025e-02 -1.775776e-03 2.567703e-03
[397] 1.015704e-02 -1.075818e-02 -3.252064e-04 -1.224534e-02 -1.491445e-02 8.663622e-03
[403] -1.067168e-02 5.328617e-03 8.193932e-03 -8.492054e-03 7.759725e-03 -6.551139e-04
[409] -2.336513e-02 1.264705e-02 4.498965e-03 1.032753e-03 -7.673759e-03 7.340169e-03
[415] 2.155151e-03 -3.709521e-04 -2.140787e-03 2.678495e-03 1.434493e-03 -1.442287e-02
[421] -1.183157e-03 -7.761884e-03 -1.023522e-03 1.813597e-02 2.221958e-03 1.781869e-02
[427] 4.140550e-03 9.334030e-03 3.982142e-03 -2.650771e-03 1.068709e-02 1.146188e-02
[433] -6.090080e-03 5.489389e-03 8.522784e-03 5.087523e-03 -2.931916e-03 1.368766e-02
[439] -3.436537e-03 -2.785688e-02 1.512419e-02 1.757221e-02 -1.434276e-02 -8.500469e-04
[445] 2.032948e-02 -5.817814e-04 1.486860e-02 -1.334246e-02 -2.222716e-02 7.377542e-03
[451] -7.806331e-03 -6.674784e-03 -3.663516e-03 -2.054669e-03 2.272210e-02 -3.932769e-03
[457] -7.383904e-03 -6.571808e-04 2.623378e-05 1.384750e-02 3.810564e-03 -1.994345e-03

[463] -3.057018e-02 -1.720378e-03 1.682726e-02 -7.861831e-03 -4.699948e-03 2.572090e-02
[469] -1.202355e-03 2.352892e-02 -2.166398e-02 1.760656e-03 9.171448e-03 8.384568e-03
[475] 9.055519e-03 -2.106864e-03 -1.436075e-02 -3.320938e-03 -1.063621e-03 -2.245518e-03
[481] 8.559244e-03 -8.034114e-03 -2.856694e-03 -6.676627e-03 1.760212e-02 -2.893282e-03
[487] 3.427349e-03 -7.704230e-03 1.046550e-02 -1.484085e-02 -2.022387e-02 1.860322e-03
[493] -7.213255e-03 -1.906325e-02 -1.323945e-02 4.135380e-03 1.575103e-02 2.958256e-03
[499] -2.539098e-02 1.771023e-02 -1.077345e-02 -3.312995e-02 1.399797e-02 6.638885e-03
[505] 2.130795e-02 1.604248e-02 -1.090132e-02 2.444848e-03 3.739563e-03 5.255092e-03
[511] -3.071164e-03 6.297409e-03 1.491381e-02 -5.636521e-03 -2.378107e-03 1.158518e-02
[517] 8.003044e-03 2.813300e-03 -8.799436e-03 6.874348e-03 -2.495597e-04 -3.241735e-03
[523] -3.491243e-02 8.139976e-04 -4.459902e-03 5.614818e-03 1.829192e-02 4.913394e-04
[529] -2.151036e-03 8.888920e-03 1.054181e-02 1.853236e-02 4.656635e-04 1.668105e-03
[535] 1.243940e-02 -5.202763e-03 -1.961920e-03 8.560143e-03 -5.336856e-03 6.774156e-03
[541] 2.058962e-03 9.410503e-04 -1.368927e-02 2.118503e-02 4.834275e-03 2.633459e-03
[547] 1.404039e-02 -3.504652e-03 -1.501482e-02 1.404571e-02 -2.576164e-02 -2.898577e-03
[553] 3.585452e-04 -1.039924e-02 -1.392382e-02 -7.586421e-03 -7.938769e-03 1.274383e-02
[559] 3.635473e-03 -3.710948e-02 -2.506337e-02 1.591466e-02 2.735084e-03 -9.557541e-03

[565] -1.135758e-02 -3.447302e-03 -2.142328e-02 -3.360215e-02
1.091871e-02 -3.610327e-03
[571] 1.009575e-02 7.588740e-03 1.316788e-03 1.696589e-02
6.159936e-03 9.337791e-03
[577] -6.739604e-03 6.770758e-03 7.106879e-03 -2.178151e-03 -
2.101131e-02 2.576172e-03
[583] -8.537007e-03 3.451627e-04 -8.430314e-03 5.616836e-03
9.072171e-03 -1.927016e-02
[589] -1.736742e-03 -1.802139e-03 -1.707066e-02 9.523527e-03
2.004351e-02 2.039335e-02
[595] 8.590103e-03 7.737478e-03 1.112079e-03 8.217767e-03 -
1.065560e-02 1.764149e-02
[601] -8.532138e-03 -4.552635e-03 -1.059384e-02 6.342227e-03 -
2.470387e-03 -8.205540e-03
[607] 4.809192e-03 -2.319172e-02 -8.884627e-03 -1.913643e-03 -
1.705743e-03 -1.634926e-02
[613] 1.210506e-02 5.946893e-03 -4.502360e-03 6.211402e-04
6.178247e-03 -1.570799e-03
[619] -6.831932e-03 9.265866e-04 2.874661e-03 8.914141e-04
2.005729e-02 -7.554676e-03
[625] -2.024910e-04 7.453819e-03 -4.276221e-03 1.195222e-02
6.806853e-04 -6.300985e-02
[631] 9.769389e-03 -5.309293e-03 6.791646e-03 2.035058e-02
1.169039e-02 -7.475420e-03
[637] -1.128800e-02 1.145832e-02 4.459248e-03 3.364157e-03 -
2.884185e-02 1.487505e-03
[643] 4.291417e-03 -6.121621e-03 -6.845595e-03 9.439289e-03
3.641869e-03 2.113406e-02
[649] -1.248426e-02 6.404561e-04 1.702992e-02 -1.905363e-04
1.375561e-02 1.114252e-02
[655] 1.489181e-03 4.928830e-03 -6.655618e-03 1.217056e-02
6.058414e-04 -5.679319e-03
[661] 9.088969e-03 5.696442e-03 -3.889690e-02 -1.086916e-03 -
1.543592e-03 -3.652488e-03

```
[667]  8.791130e-03 -3.417260e-03 -1.799398e-02 -1.375490e-02 -
8.329439e-03 -7.454303e-03
[673]  1.082183e-02  9.921085e-03 -1.353624e-02  4.709794e-03 -
1.390628e-02 -4.668771e-03
[679] -4.181260e-03  2.474011e-02 -4.827502e-03  9.896460e-03 -
1.881194e-03  3.992356e-02
[685]  2.624296e-04 -6.519672e-03 -2.214237e-02  2.827736e-02 -
1.173854e-02 -6.427768e-02
[691]  1.036340e-04 -1.059304e-02  3.037602e-03  1.637073e-03
5.522453e-03 -1.531614e-02
[697]  5.562051e-03 -2.505176e-03 -6.398353e-03  3.142758e-03 -
5.745096e-03  2.435418e-03
[703]  1.185869e-02  2.613131e-03 -1.980409e-02 -1.077969e-02 -
1.569755e-02  4.143666e-03
[709] -1.877645e-02  1.087727e-02 -2.229642e-02 -8.449098e-05
3.086800e-02 -1.116122e-02
[715] -9.541470e-03 -3.449897e-02  4.646405e-04  6.813612e-03 -
1.243152e-02  2.504796e-02
[721] -4.033333e-04 -1.398061e-02  1.069118e-02 -3.181444e-03
1.081832e-02  3.988558e-03
[727]  4.678708e-03 -1.382521e-02  1.103423e-03 -3.120078e-02 -
9.366574e-03  1.745794e-02
[733] -8.350513e-04 -2.447491e-02 -3.659009e-02 -5.799192e-03 -
9.786607e-03  9.603362e-02
[739] -2.500347e-02  1.807471e-02 -2.357973e-03 -5.927140e-03 -
3.781407e-02 -1.063196e-02
[745] -2.431289e-02  2.083711e-02  1.969613e-02  3.317983e-02
1.085236e-02 -2.414991e-03
[751]  6.786936e-03  2.470581e-03  7.289911e-02
> #uji efek ARCH
> library(FinTS)
> ArchTest<-ArchTest(resid001,demean = TRUE)
> ArchTest
```

ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects

data: resid001
Chi-squared = 23.649, df = 12, p-value = 0.0227
> #estimasiGARCH
> library(tseries)
> library(rugarch)
> library(fGarch)
> #ESTIMASIMODELARIMA(1,0,1)DENGAN MODEL GARCH
> GARCH11<-garchFit(~arma(0,1)+garch(1,1),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
> summary(GARCH11)

Title:
GARCH Modelling

Call:
garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(1, 1), data =
DATARETURN$RETURN,
trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
data ~ arma(0, 1) + garch(1, 1)
<environment: 0x0000014246f75400>
[data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
norm

Coefficient(s):

mu	ma1	omega	alpha1	beta1
6.5324e-04	-2.9063e-02	1.7390e-06	2.3528e-02	9.7130e-01

Std. Errors:

based on Hessian

Error Analysis:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)	
mu	6.532e-04	5.608e-04	1.165	0.2441	
ma1	-2.906e-02	4.255e-02	-0.683	0.4946	
omega	1.739e-06	9.983e-07	1.742	0.0815	.
alpha1	2.353e-02	6.028e-03	3.903	9.49e-05	***
beta1	9.713e-01	6.875e-03	141.275	< 2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log Likelihood:

2015.281 normalized: 2.676336

Description:

Sat May 31 14:40:51 2025 by user: ACER

Standardised Residuals Tests:

			Statistic	p-Value
Jarque-Bera Test	R	Chi^2	317.706912	0.000000e+00
Shapiro-Wilk Test	R	W	0.968344	1.073212e-11
Ljung-Box Test	R	Q(10)	9.278736	5.058707e-01
Ljung-Box Test	R	Q(15)	15.967780	3.841963e-01
Ljung-Box Test	R	Q(20)	19.864892	4.664094e-01
Ljung-Box Test	R^2	Q(10)	1.152010	9.996719e-01
Ljung-Box Test	R^2	Q(15)	9.870704	8.277931e-01
Ljung-Box Test	R^2	Q(20)	11.820118	9.221282e-01
LM Arch Test	R	TR^2	5.066034	9.557369e-01

Information Criterion Statistics:

AIC	BIC	SIC	HQIC
-5.339392	-5.308688	-5.339480	-5.327563

```
> GARCH12<-garchFit(~arma(0,1)+garch(1,2),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
> summary(GARCH12)

Title:
 GARCH Modelling

Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(1, 2), data =
DATARETURN$RETURN,
   trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
 data ~ arma(0, 1) + garch(1, 2)
<environment: 0x000001424a71cb00>
 [data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
 norm

Coefficient(s):
       mu        ma1       omega      alpha1       beta1       beta2
 8.1406e-04 -4.1539e-02  4.0642e-06  4.6552e-02  2.2496e-02
9.1839e-01

Std. Errors:
 based on Hessian

Error Analysis:
       Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     8.141e-04   5.531e-04    1.472 0.141061
ma1   -4.154e-02   4.384e-02   -0.947 0.343422
omega  4.064e-06   2.343e-06    1.734 0.082857 .
alpha1 4.655e-02   1.266e-02    3.678 0.000235 ***
```

```
beta1   2.250e-02   2.251e-02    0.999 0.317665
beta2   9.184e-01   2.332e-02   39.377  < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Log Likelihood:
 2017.359    normalized:  2.679096

Description:
 Sat May 31 14:40:57 2025 by user: ACER


Standardised Residuals Tests:
                          Statistic     p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  329.6445335 0.000000e+00
 Shapiro-Wilk Test  R    W        0.9692808 1.769656e-11
 Ljung-Box Test     R    Q(10)    9.0800568 5.245231e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(15)   15.1612216 4.398677e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(20)   18.9433766 5.255093e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(10)    2.1887488 9.946781e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(15)    8.6971959 8.928105e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(20)   10.8277878 9.505668e-01
 LM Arch Test       R    TR^2     4.9691505 9.590014e-01

Information Criterion Statistics:
     AIC       BIC       SIC      HQIC
-5.342256 -5.305411 -5.342381 -5.328061
> GARCH21<-garchFit(~arma(0,1)+garch(2,1),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
> summary(GARCH21)

Title:
 GARCH Modelling
```

```
Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(2, 1), data =
DATARETURN$RETURN,
   trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
 data ~ arma(0, 1) + garch(2, 1)
<environment: 0x00000142480cbfc8>
 [data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
 norm

Coefficient(s):
       mu        ma1      omega     alpha1     alpha2      beta1
 6.2367e-04 -2.6604e-02  1.6945e-06  9.0175e-03  1.4990e-02
9.7100e-01

Std. Errors:
 based on Hessian

Error Analysis:
       Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     6.237e-04   5.643e-04    1.105   0.2691
ma1   -2.660e-02   4.143e-02   -0.642   0.5207
omega  1.694e-06   1.009e-06    1.679   0.0932 .
alpha1 9.018e-03   2.508e-02    0.359   0.7192
alpha2 1.499e-02   2.549e-02    0.588   0.5565
beta1  9.710e-01   6.960e-03  139.514   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Log Likelihood:
 2015.573    normalized:  2.676723
```

```
Description:
 Sat May 31 14:41:02 2025 by user: ACER


Standardised Residuals Tests:
                         Statistic     p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  311.5323634 0.000000e+00
 Shapiro-Wilk Test  R    W        0.9685985 1.228204e-11
 Ljung-Box Test     R    Q(10)    9.3928890 4.952665e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(15)   16.0760458 3.770157e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(20)   20.0189435 4.567453e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(10)    1.0322454 9.998009e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(15)    9.3158916 8.604297e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(20)   11.2584305 9.392433e-01
 LM Arch Test       R    TR^2     4.9175940 9.606748e-01

Information Criterion Statistics:
     AIC       BIC       SIC      HQIC
-5.337510 -5.300665 -5.337636 -5.323316

> GARCH22<-garchFit(~arma(0,1)+garch(2,2),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
> summary(GARCH22)

Title:
 GARCH Modelling

Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(2, 2), data =
DATARETURN$RETURN,
   trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
```

```
 data ~ arma(0, 1) + garch(2, 2)
<environment: 0x000001424874e4a8>
 [data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
 norm

Coefficient(s):
       mu         ma1       omega      alpha1      alpha2       beta1
 6.2368e-04  -2.6604e-02   1.6945e-06   9.0175e-03   1.4990e-02
9.7100e-01
    beta2
 1.0000e-08

Std. Errors:
 based on Hessian

Error Analysis:
       Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     6.237e-04   5.644e-04    1.105   0.2691
ma1   -2.660e-02   4.144e-02   -0.642   0.5209
omega  1.694e-06   1.169e-06    1.450   0.1470
alpha1 9.017e-03   2.509e-02    0.359   0.7192
alpha2 1.499e-02   2.776e-02    0.540   0.5892
beta1  9.710e-01   5.275e-01    1.841   0.0657 .
beta2  1.000e-08   5.150e-01    0.000   1.0000
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Log Likelihood:
 2015.573    normalized:  2.676723

Description:
 Sat May 31 14:41:07 2025 by user: ACER
```

Standardised Residuals Tests:

		Statistic	p-Value
Jarque-Bera Test	R Chi^2	311.5324547	0.000000e+00
Shapiro-Wilk Test	R W	0.9685985	1.228200e-11
Ljung-Box Test	R Q(10)	9.3928860	4.952667e-01
Ljung-Box Test	R Q(15)	16.0760427	3.770159e-01
Ljung-Box Test	R Q(20)	20.0189403	4.567455e-01
Ljung-Box Test	R^2 Q(10)	1.0322452	9.998009e-01
Ljung-Box Test	R^2 Q(15)	9.3158865	8.604300e-01
Ljung-Box Test	R^2 Q(20)	11.2584249	9.392434e-01
LM Arch Test	R TR^2	4.9175938	9.606748e-01

Information Criterion Statistics:

AIC	BIC	SIC	HQIC
-5.334854	-5.291868	-5.335025	-5.318294

```
> GARCH23<-garchFit(~arma(0,1)+garch(2,3),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
Warning message:
In sqrt(diag(fit$cvar)) : NaNs produced
> summary(GARCH23)

Title:
 GARCH Modelling

Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(2, 3), data =
DATARETURN$RETURN,
   trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
 data ~ arma(0, 1) + garch(2, 3)
<environment: 0x0000014246ddc4a0>
```

[data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
norm

Coefficient(s):

mu	ma1	omega	alpha1	alpha2	beta1
6.1342e-04	-2.6194e-02	1.8882e-06	5.9389e-03	2.1136e-02	9.0697e-01

beta2	beta3
1.0000e-08	6.0396e-02

Std. Errors:
based on Hessian

Error Analysis:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
mu	6.134e-04	5.622e-04	1.091	0.275
ma1	-2.619e-02	4.107e-02	-0.638	0.524
omega	1.888e-06	1.322e-06	1.429	0.153
alpha1	5.939e-03	1.508e-02	0.394	0.694
alpha2	2.114e-02	1.888e-02	1.120	0.263
beta1	9.070e-01	NaN	NaN	NaN
beta2	1.000e-08	NaN	NaN	NaN
beta3	6.040e-02	NaN	NaN	NaN

Log Likelihood:
2015.732 normalized: 2.676935

Description:
Sat May 31 14:41:12 2025 by user: ACER

Standardised Residuals Tests:

```
                        Statistic     p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  309.6932767 0.000000e+00
 Shapiro-Wilk Test  R    W       0.9686839 1.285290e-11
 Ljung-Box Test     R    Q(10)    9.4114853 4.935473e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(15)   16.0929447 3.759015e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(20)   20.0655990 4.538330e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(10)    1.0520316 9.997829e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(15)    9.2924225 8.617379e-01
 Ljung-Box Test     R^2  Q(20)   11.2655860 9.390421e-01
 LM Arch Test       R    TR^2     4.9581159 9.593633e-01

Information Criterion Statistics:
     AIC       BIC       SIC      HQIC
-5.332622 -5.283495 -5.332844 -5.313696

> GARCH31<-garchFit(~arma(0,1)+garch(3,1),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
> summary(GARCH31)

Title:
 GARCH Modelling

Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(3, 1), data =
DATARETURN$RETURN,
    trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
 data ~ arma(0, 1) + garch(3, 1)
<environment: 0x0000014247ef08a8>
 [data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
 norm
```

```
Coefficient(s):
       mu         ma1       omega      alpha1      alpha2      alpha3
 5.7108e-04  -2.8028e-02   1.7083e-06   7.6074e-03   1.0985e-02
5.6422e-03
     beta1
 9.7071e-01

Std. Errors:
 based on Hessian

Error Analysis:
       Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     5.711e-04   5.660e-04    1.009   0.3130
ma1   -2.803e-02   4.147e-02   -0.676   0.4991
omega  1.708e-06   1.024e-06    1.669   0.0951 .
alpha1 7.607e-03   2.441e-02    0.312   0.7553
alpha2 1.099e-02   4.355e-02    0.252   0.8009
alpha3 5.642e-03   3.552e-02    0.159   0.8738
beta1  9.707e-01   7.132e-03  136.103   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Log Likelihood:
 2015.724    normalized:  2.676924

Description:
 Sat May 31 14:41:31 2025 by user: ACER


Standardised Residuals Tests:
                          Statistic     p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  309.5924267 0.000000e+00
 Shapiro-Wilk Test  R    W        0.9687703 1.345846e-11
```

```
 Ljung-Box Test    R    Q(10)    9.4396822 4.909451e-01
 Ljung-Box Test    R    Q(15)   16.0882956 3.762079e-01
 Ljung-Box Test    R    Q(20)   20.0318316 4.559401e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(10)    0.9939874 9.998326e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(15)    9.2117188 8.661896e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(20)   11.1619286 9.419146e-01
 LM Arch Test      R    TR^2     4.8488735 9.628370e-01

Information Criterion Statistics:
     AIC       BIC       SIC      HQIC
-5.335255 -5.292269 -5.335426 -5.318695

> GARCH32<-garchFit(~arma(0,1)+garch(3,2),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
> summary(GARCH32)

Title:
 GARCH Modelling

Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(3, 2), data =
DATARETURN$RETURN,
   trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
 data ~ arma(0, 1) + garch(3, 2)
<environment: 0x00000142484c13d8>
 [data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
 norm

Coefficient(s):
       mu        ma1       omega      alpha1      alpha2      alpha3
```

```
 7.5954e-04  -3.4708e-02   3.9296e-06   1.7910e-02   1.0000e-08
3.0224e-02
    beta1       beta2
 2.5276e-02   9.1456e-01

Std. Errors:
 based on Hessian

Error Analysis:
       Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     7.595e-04   5.631e-04    1.349   0.1774
ma1   -3.471e-02   4.267e-02   -0.813   0.4160
omega  3.930e-06   2.378e-06    1.652   0.0985 .
alpha1 1.791e-02   2.939e-02    0.609   0.5423
alpha2 1.000e-08   1.371e-02    0.000   1.0000
alpha3 3.022e-02   2.907e-02    1.040   0.2986
beta1  2.528e-02   2.601e-02    0.972   0.3311
beta2  9.146e-01   2.557e-02   35.763   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Log Likelihood:
 2017.817    normalized:  2.679704

Description:
 Sat May 31 14:41:33 2025 by user: ACER


Standardised Residuals Tests:
                          Statistic      p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  317.648523 0.000000e+00
 Shapiro-Wilk Test  R    W        0.969698 2.218175e-11
 Ljung-Box Test     R    Q(10)    9.198647 5.133608e-01
 Ljung-Box Test     R    Q(15)   15.248330 4.336819e-01
```

```
 Ljung-Box Test    R    Q(20)   19.056873 5.181320e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(10)    1.966839 9.965880e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(15)    7.979314 9.246093e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(20)   10.080890 9.666813e-01
 LM Arch Test      R    TR^2     4.701904 9.672019e-01

Information Criterion Statistics:
     AIC      BIC      SIC     HQIC
-5.338159 -5.289033 -5.338382 -5.319233

> GARCH33<-garchFit(~arma(0,1)+garch(3,3),data =
DATARETURN$RETURN,trace = FALSE)
Warning message:
In sqrt(diag(fit$cvar)) : NaNs produced
> summary(GARCH33)

Title:
 GARCH Modelling

Call:
 garchFit(formula = ~arma(0, 1) + garch(3, 3), data =
DATARETURN$RETURN,
   trace = FALSE)

Mean and Variance Equation:
 data ~ arma(0, 1) + garch(3, 3)
<environment: 0x000001424b318360>
 [data = DATARETURN$RETURN]

Conditional Distribution:
 norm

Coefficient(s):
      mu        ma1      omega     alpha1     alpha2     alpha3
```

```
 6.9222e-04 -3.3181e-02  4.2309e-06  9.4871e-03  1.0000e-08
4.9366e-02
    beta1      beta2      beta3
 1.0000e-08  4.4374e-01  4.8482e-01

Std. Errors:
 based on Hessian

Error Analysis:
       Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     6.922e-04   5.602e-04    1.236   0.2166
ma1   -3.318e-02   4.118e-02   -0.806   0.4204
omega  4.231e-06   1.867e-06    2.266   0.0235 *
alpha1 9.487e-03   2.007e-02    0.473   0.6364
alpha2 1.000e-08   1.849e-02    0.000   1.0000
alpha3 4.937e-02   2.549e-02    1.937   0.0528 .
beta1  1.000e-08       NaN      NaN      NaN
beta2  4.437e-01       NaN      NaN      NaN
beta3  4.848e-01       NaN      NaN      NaN
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log Likelihood:
 2016.454    normalized:  2.677894

Description:
 Sat May 31 14:41:46 2025 by user: ACER


Standardised Residuals Tests:
                          Statistic      p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  260.9014748 0.000000e+00
 Shapiro-Wilk Test  R    W        0.9712362 5.193142e-11
 Ljung-Box Test     R    Q(10)    9.5298531 4.826616e-01
```

```
 Ljung-Box Test    R    Q(15)   15.8693293 3.907889e-01
 Ljung-Box Test    R    Q(20)   19.6910758 4.773974e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(10)    0.9167707 9.998847e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(15)    9.2874999 8.620115e-01
 Ljung-Box Test    R^2  Q(20)   11.3467017 9.367312e-01
 LM Arch Test      R    TR^2     4.9949583 9.581471e-01

Information Criterion Statistics:
     AIC       BIC       SIC      HQIC
-5.331883 -5.276615 -5.332164 -5.310591

> #MENAMILKAN NILAI CONDITIONAL VARIANCE
> GARCH12@h.t
  [1] 0.0002997823 0.0002997823 0.0002910792 0.0003209886
0.0003695794 0.0003140345
  [7] 0.0004212208 0.0003138526 0.0004515421 0.0003257838
0.0004458425 0.0003133954
 [13] 0.0004380713 0.0004132080 0.0004176801 0.0003934792
0.0004400286 0.0003759028
 [19] 0.0004214339 0.0003659294 0.0004331014 0.0003509120
0.0004097628 0.0003379206
 [25] 0.0004018647 0.0003252642 0.0003880582 0.0003144802
0.0003903633 0.0004059050
 [31] 0.0004707124 0.0003893600 0.0004836130 0.0004063648
0.0004610784 0.0004141214
 [37] 0.0004370626 0.0004156956 0.0004675465 0.0004009794
0.0004946937 0.0003906361
 [43] 0.0004757404 0.0003775267 0.0004562774 0.0003681925
0.0004342892 0.0003524699
 [49] 0.0004184531 0.0004240204 0.0003997902 0.0004033312
0.0003846826 0.0003878633
 [55] 0.0003834579 0.0003740244 0.0003687328 0.0003700929
0.0003536039 0.0003890924
```

[61] 0.0005207137 0.0004148256 0.0005034925 0.0004009466
0.0004830752 0.0004148975
[67] 0.0004579676 0.0003958945 0.0004383559 0.0003790795
0.0004407449 0.0003645825
[73] 0.0004286309 0.0003497813 0.0004060585 0.0003359514
0.0003857095 0.0003317126
[79] 0.0004111636 0.0003201334 0.0003894301 0.0003115598
0.0004422653 0.0003082470
[85] 0.0004217520 0.0002988899 0.0003993820 0.0003023583
0.0003850338 0.0003048198
[91] 0.0003646498 0.0003146783 0.0003492769 0.0004522453
0.0003352511 0.0004644967
[97] 0.0003233929 0.0004380982 0.0003150301 0.0004250382
0.0003052226 0.0004095205
[103] 0.0002941115 0.0003881096 0.0002988093 0.0003776498
0.0003075020 0.0004037756
[109] 0.0003485632 0.0003828931 0.0003378832 0.0004962543
0.0003536331 0.0004841007
[115] 0.0003397288 0.0005169693 0.0003542047 0.0005494786
0.0003427902 0.0005202851
[121] 0.0003308966 0.0005162474 0.0003403968 0.0004946559
0.0006297601 0.0004995874
[127] 0.0006595421 0.0004885230 0.0006369701 0.0005328547
0.0006410428 0.0005518739
[133] 0.0006452067 0.0005264802 0.0006268018 0.0007807069
0.0006145386 0.0007590224
[139] 0.0005855268 0.0007144684 0.0005579361 0.0006731335
0.0005319036 0.0006404151
[145] 0.0005116389 0.0006037532 0.0005149529 0.0005729302
0.0006500837 0.0005448641
[151] 0.0006133637 0.0005366514 0.0006022894 0.0005115418
0.0005746640 0.0004900567
[157] 0.0005775949 0.0004815988 0.0005454117 0.0005099653
0.0005344942 0.0005014404

[163] 0.0005069613 0.0004808023 0.0005125513 0.0004571657
0.0004882331 0.0004410232
[169] 0.0004937583 0.0004212260 0.0004671920 0.0004983345
0.0004944076 0.0004770897
[175] 0.0004728585 0.0004552432 0.0004884663 0.0004397994
0.0004629001 0.0004191192
[181] 0.0004567178 0.0004147148 0.0004852339 0.0004008433
0.0004590343 0.0003847052
[187] 0.0004738558 0.0003680849 0.0004721070 0.0003695831
0.0004640512 0.0004516740
[193] 0.0004646365 0.0004322331 0.0005150676 0.0004128482
0.0004938187 0.0003948408
[199] 0.0005078418 0.0003786948 0.0004848135 0.0003999450
0.0004729155 0.0004059075
[205] 0.0004493985 0.0003934385 0.0004488907 0.0003756837
0.0004254080 0.0003673674
[211] 0.0004182377 0.0003634512 0.0003980443 0.0003526579
0.0003779920 0.0003383496
[217] 0.0003706975 0.0003412749 0.0003853786 0.0003411878
0.0004389227 0.0003345100
[223] 0.0004471394 0.0003219950 0.0004236977 0.0003251797
0.0004055145 0.0003229117
[229] 0.0003852225 0.0003242965 0.0003723867 0.0003201353
0.0003539811 0.0003060988
[235] 0.0003414739 0.0003195662 0.0003274279 0.0003318471
0.0003122491 0.0003370929
[241] 0.0003060114 0.0003234432 0.0002925606 0.0003077112
0.0002834302 0.0002933105
[247] 0.0002814025 0.0003070988 0.0004853692 0.0003493897
0.0004610620 0.0003369936
[253] 0.0004351934 0.0003241644 0.0004112863 0.0003233862
0.0003910866 0.0003117931
[259] 0.0003822659 0.0003014360 0.0003629863 0.0002890816
0.0003459286 0.0002794148

[265] 0.0003368565 0.0002682849 0.0003224707 0.0002746640
0.0003081237 0.0003258420
[271] 0.0003166370 0.0003115857 0.0003061348 0.0003032299
0.0002950961 0.0002892462
[277] 0.0002842156 0.0003252111 0.0002730162 0.0003096332
0.0002718506 0.0002969065
[283] 0.0002638233 0.0003272396 0.0002660018 0.0003197983
0.0002657072 0.0003169463
[289] 0.0002643634 0.0003211266 0.0002664902 0.0003056107
0.0002561137 0.0003014110
[295] 0.0002488136 0.0002864953 0.0002422579 0.0002797937
0.0002470086 0.0002665883
[301] 0.0002451823 0.0002660366 0.0002377329 0.0002537767
0.0002962201 0.0002500245
[307] 0.0003101072 0.0002461077 0.0002947220 0.0002488762
0.0003493592 0.0002662122
[313] 0.0003515825 0.0002588775 0.0003327794 0.0002843602
0.0003170351 0.0002726233
[319] 0.0003032485 0.0002690375 0.0002966503 0.0002578502
0.0002844231 0.0002504776
[325] 0.0002733373 0.0002417414 0.0002673447 0.0002324016
0.0002667331 0.0002236274
[331] 0.0002622156 0.0002378660 0.0002529459 0.0002283481
0.0002502464 0.0002194455
[337] 0.0002395383 0.0002111351 0.0002379649 0.0002035563
0.0002317229 0.0002028194
[343] 0.0002266697 0.0002118848 0.0002228971 0.0002062754
0.0002445404 0.0002003682
[349] 0.0002333988 0.0002228420 0.0002249590 0.0002175269
0.0002155692 0.0002236810
[355] 0.0002070859 0.0002143215 0.0002007312 0.0002211946
0.0002261574 0.0002237714
[361] 0.0002168549 0.0002405281 0.0002115834 0.0002308084
0.0002093945 0.0002215481

[367] 0.0002074020 0.0002207869 0.0001996927 0.0002134697
0.0001925684 0.0002146994
[373] 0.0001878054 0.0002059233 0.0002217776 0.0002647690
0.0002142544 0.0002741997
[379] 0.0002072842 0.0002842386 0.0002028566 0.0002766443
0.0002014437 0.0002680604
[385] 0.0001973876 0.0002572782 0.0002167695 0.0002481729
0.0002121681 0.0002369583
[391] 0.0002169683 0.0002401320 0.0002251656 0.0002360146
0.0002222479 0.0002259159
[397] 0.0002134922 0.0002210240 0.0002102469 0.0002118362
0.0002092387 0.0002149080
[403] 0.0002037829 0.0002111827 0.0001969361 0.0002055570
0.0001927868 0.0001995302
[409] 0.0001856206 0.0002175008 0.0001853068 0.0002090647
0.0001790002 0.0002029773
[415] 0.0001751169 0.0001946510 0.0001692811 0.0001869090
0.0001639849 0.0001794883
[421] 0.0001686326 0.0001729134 0.0001658843 0.0001667277
0.0001749317 0.0001615010
[427] 0.0001829513 0.0001575599 0.0001796717 0.0001536275
0.0001728666 0.0001539899
[433] 0.0001726899 0.0001509165 0.0001671998 0.0001498094
0.0001622783 0.0001456956
[439] 0.0001646078 0.0001419985 0.0001955994 0.0001473416
0.0002021057 0.0001526704
[445] 0.0001932581 0.0001672486 0.0001853146 0.0001717891
0.0001858251 0.0001908812
[451] 0.0001806930 0.0001862259 0.0001766840 0.0001799143
0.0001706694 0.0001964007
[457] 0.0001656634 0.0001909878 0.0001605816 0.0001830820
0.0001642570 0.0001767361
[463] 0.0001590852 0.0002144521 0.0001555582 0.0002170697
0.0001542878 0.0002082031

[469] 0.0001800473 0.0001993285 0.0001990986 0.0002116676
0.0001916874 0.0002065066
[475] 0.0001881826 0.0002019186 0.0001815999 0.0002036527
0.0001762824 0.0001951696
[481] 0.0001706570 0.0001902672 0.0001679603 0.0001831505
0.0001647782 0.0001894428
[487] 0.0001599022 0.0001820809 0.0001578430 0.0001793396
0.0001629791 0.0001933424
[493] 0.0001581078 0.0001877489 0.0001715120 0.0001900727
0.0001663277 0.0001937969
[499] 0.0001617436 0.0002158821 0.0001696929 0.0002109970
0.0002181046 0.0002095474
[505] 0.0002113674 0.0002225936 0.0002164099 0.0002183208
0.0002078568 0.0002098417
[511] 0.0002009313 0.0002017375 0.0001947566 0.0002041404
0.0001887517 0.0001961781
[517] 0.0001876655 0.0001916710 0.0001811386 0.0001878558
0.0001764299 0.0001805601
[523] 0.0001707275 0.0002318344 0.0001661384 0.0002217662
0.0001628615 0.0002269908
[529] 0.0001588027 0.0002163594 0.0001581605 0.0002116738
0.0001705566 0.0002023618
[535] 0.0001653555 0.0002006369 0.0001615305 0.0001922408
0.0001598648 0.0001854601
[541] 0.0001568857 0.0001781290 0.0001521837 0.0001800679
0.0001669769 0.0001746507
[547] 0.0001616722 0.0001771257 0.0001569640 0.0001813291
0.0001602156 0.0002041300
[553] 0.0001566982 0.0001950611 0.0001576395 0.0001968039
0.0001566711 0.0001917746
[559] 0.0001590550 0.0001845079 0.0002185772 0.0002127301
0.0002191685 0.0002048437
[565] 0.0002142893 0.0002038043 0.0002063051 0.0002181524
0.0002552215 0.0002138914

[571] 0.0002438072 0.0002103471 0.0002355561 0.0002026430
0.0002380793 0.0001976429
[577] 0.0002312911 0.0001927610 0.0002226064 0.0001884961
0.0002129443 0.0002032086
[583] 0.0002042780 0.0001988166 0.0001961492 0.0001945819
0.0001897212 0.0001908686
[589] 0.0001995232 0.0001842435 0.0001916715 0.0001917132
0.0001877070 0.0002033900
[595] 0.0002018396 0.0001994937 0.0001968606 0.0001917798
0.0001921772 0.0001896528
[601] 0.0001980818 0.0001856304 0.0001914135 0.0001845788
0.0001854443 0.0001780280
[607] 0.0001818006 0.0001724525 0.0002000254 0.0001718599
0.0001919606 0.0001664183
[613] 0.0001970785 0.0001670060 0.0001906371 0.0001626486
0.0001828039 0.0001591960
[619] 0.0001756390 0.0001566022 0.0001688977 0.0001520127
0.0001626264 0.0001656728
[625] 0.0001593110 0.0001598298 0.0001563650 0.0001551763
0.0001573152 0.0001501630
[631] 0.0003379119 0.0001514841 0.0003190727 0.0001522041
0.0003199301 0.0001582617
[637] 0.0003038011 0.0001628241 0.0002919957 0.0001612171
0.0002763798 0.0001972840
[643] 0.0002623289 0.0001919129 0.0002510723 0.0001885101
0.0002425192 0.0001833313
[649] 0.0002515934 0.0001844556 0.0002392768 0.0001919582
0.0002281396 0.0001940038
[655] 0.0002241770 0.0001874314 0.0002152219 0.0001831096
0.0002121005 0.0001770429
[661] 0.0002044490 0.0001746645 0.0001973654 0.0002391929
0.0001911961 0.0002282123
[667] 0.0001855327 0.0002210724 0.0001799204 0.0002269068
0.0001847500 0.0002206383

```
[673] 0.0001817945 0.0002156092 0.0001806995 0.0002143554
0.0001755137 0.0002139440
[679] 0.0001715293 0.0002054344 0.0001936282 0.0001977875
0.0001904988 0.0001901241
[685] 0.0002562710 0.0001846190 0.0002456532 0.0002031673
0.0002679615 0.0002019555
[691] 0.0004517338 0.0002002226 0.0004290470 0.0001978352
0.0004026539 0.0001961460
[697] 0.0003891638 0.0001939261 0.0003661270 0.0001925338
0.0003449499 0.0001902446
[703] 0.0003253113 0.0001924854 0.0003075617 0.0002062094
0.0002978776 0.0002128617
[709] 0.0002828651 0.0002224803 0.0002732307 0.0002371784
0.0002604268 0.0002712264
[715] 0.0002538992 0.0002637936 0.0003010119 0.0002532087
0.0002881789 0.0002501971
[721] 0.0003015967 0.0002406422 0.0002958580 0.0002361449
0.0002814924 0.0002323296
[727] 0.0002686558 0.0002244800 0.0002647652 0.0002161825
0.0002980754 0.0002151106
[733] 0.0002955968 0.0002082728 0.0003087122 0.0002697023
0.0002965648 0.0002634700
[739] 0.0007049498 0.0002815337 0.0006709246 0.0002778610
0.0006283140 0.0003419099
[745] 0.0005963830 0.0003609863 0.0005773373 0.0003679838
0.0005961744 0.0003624436
[751] 0.0005599384 0.0003514543 0.0005265149
>
```

Lampiran 5. Program Binomial Opsi Call dan Put

```
% Program menghitung Harga Opsi Eropa dan Amerika
% dengan Metode Binomial

% Data Input
S0 =input('S0=');
K  =input('K=');
r  =input('r=');
T  =input('T=');
Sig=input('Sigma=');
n  =input('n=');

%Menghitung nilai u,d, dan p
deltaT =T/n;
u      =exp(Sig*sqrt(deltaT));
d      =1/u;
p      =(exp(r*deltaT)-d)/(u-d);

%MENGHITUNG HARGA OPSI AMERIKA (dengan early exercise)
S=zeros(n+1,n+1);
S(1,1)=S0;
for i=2:n+1
for j=1:i
    S(j,i)=S0*u^(j-1)*d^(i-j);
end
end

%NILAI PAYOFF OPSI AMERIKA
for j=1:n+1
    C(j,n+1)=max(S(j,n+1)-K,0);
    P(j,n+1)   =max(K-S(j,n+1),0);
end
for i=n:-1:1
for j=1:i
    C(j,i)=max(max(S(j,i)-K,0),exp(-
r*deltaT)*(p*C(j+1,i+1)+(1-p)*C(j,i+1)));
```

```
    P(j,i)=max(max(K-S(j,i),0),exp(-
r*deltaT)*(p*P(j+1,i+1)+(1-p)*P(j,i+1)));
end
end
```

S0=425.4
K=395
r=0.045
T=0.290410958041
Sigma=0.401902281
n=100
Nilai u=
1.0219
Nilai d=
0.9786
Nilai p=
0.4976
Nilai S=
1.0e+03 *
Columns 1 through 6

0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901	0.3817
0	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074	0.3986
0	0	0.4442	0.4347	0.4254	0.4163
0	0	0	0.4540	0.4442	0.4347
0	0	0	0	0.4639	0.4540
0	0	0	0	0	0.4741
⋮					
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0

Columns 96 through 101

0.0544	0.0532	0.0520	0.0509	0.0498	0.0488
0.0568	0.0555	0.0544	0.0532	0.0520	0.0509
0.0593	0.0580	0.0568	0.0555	0.0544	0.0532
0.0619	0.0606	0.0593	0.0580	0.0568	0.0555
0.0646	0.0632	0.0619	0.0606	0.0593	0.0580
0.0675	0.0660	0.0646	0.0632	0.0619	0.0606
⋮					
3.3295	3.2582	3.1884	3.1201	3.0532	2.9878
0	3.4024	3.3295	3.2582	3.1884	3.1201
0	0	3.4769	3.4024	3.3295	3.2582
0	0	0	3.5530	3.4769	3.4024
0	0	0	0	3.6308	3.5530
0	0	0	0	0	3.7103

Harga Opsi Amerika CALL model Binomial yaitu :

1.0e+03 *

Columns 1 through 6

0.0558	0.0494	0.0435	0.0380	0.0330	0.0285
0	0.0622	0.0554	0.0490	0.0431	0.0376
0	0	0.0691	0.0618	0.0550	0.0486
0	0	0	0.0765	0.0688	0.0614
0	0	0	0	0.0844	0.0761
0	0	0	0	0	0.0927
⋮					
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Columns 96 through 101

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
⋮					
0	3.0076	2.9347	2.8633	2.7934	2.7251
0	0	3.0821	3.0075	2.9346	2.8632
0	0	0	3.1581	3.0820	3.0074
0	0	0	0	3.2359	3.1580
0	0	0	0	0	3.3153

Harga Opsi Amerika PUT model Binomial yaitu :

Columns 1 through 6

20.4726	23.3113	26.4175	29.7958	33.4479	37.3724
0	17.6119	20.1814	23.0136	26.1163	29.4944
0	0	15.0222	17.3272	19.8871	22.7125
0	0	0	12.6990	14.7471	17.0397
0	0	0	0	10.6344	12.4364
0	0	0	0	0	8.8178
⋮					
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Columns 96 through 101

340.6481	341.8126	342.9522	344.0674	345.1586	346.2265
338.2420	339.4581	340.6481	341.8126	342.9522	344.0674
335.7294	336.9993	338.2420	339.4581	340.6481	341.8126
333.1056	334.4317	335.7294	336.9993	338.2420	339.4581
330.3656	331.7504	333.1056	334.4317	335.7294	336.9993
327.5043	328.9505	330.3656	331.7504	333.1056	334.4317
⋮					
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

S0=425.4
K=395
r=0.045
T=0.290410958041
Sigma=0.401902281
n=6
Nilai u=
1.0924
Nilai d=
0.9154

Nilai p=
0.4902

Nilai S=

425.4000	389.4010	356.4484	326.2844	298.6730	273.3981	250.2621
0	464.7270	425.4000	389.4010	356.4484	326.2844	298.6730
0	0	507.6896	464.7270	425.4000	389.4010	356.4484
0	0	0	554.6240	507.6896	464.7270	425.4000
0	0	0	0	605.8974	554.6240	507.6896
0	0	0	0	0	661.9108	605.8974
0	0	0	0	0	0	723.1025

Harga Opsi Amerika CALL model Binomial yaitu :

56.9265	31.5215	13.6913	3.5581	0	0	0
0	83.5981	50.2031	24.2895	7.2739	0	0
0	0	118.6970	77.3735	42.0919	14.8704	0
0	0	0	162.1966	114.4065	70.5864	30.4000
0	0	0	0	212.6143	160.4834	112.6896
0	0	0	0	0	267.7702	210.8974
0	0	0	0	0	0	328.1025

Harga Opsi Amerika PUT model Binomial yaitu :

21.6256	33.2340	49.4782	70.7883	96.3270	121.6019	144.7379
0	9.6503	16.4898	27.5383	44.5457	68.7156	96.3270
0	0	2.5809	5.0739	9.9749	19.6099	38.5516
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

K= 400
>> tanpaBETA
S0=425.4
K=400
r=0.045
T=0.290410958041
Sigma=0.401902281
n=100
Nilai deltaT :
0.0029
Nilai u :
1.0219
Nilai d :
0.9786
Nilai p :
0.4976
Nilai S=
1.0e+03*
columns 1 through 7

0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901	0.3817	0.3736
0	0.4347	0.4254	0.4263	0.4074	0.3986	0.3901
0	0	0.4442	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074
0	0	0	0.4540	0.4442	0.4347	0.4254
0	0	0	0	0.4639	0.4540	0.4442
0	0	0	0	0	0.4741	0.4639
0	0	0	0	0	0	0.4844

Columns 101
0.0488
0.0509
0.0532
:

34.024
35.530
37.103

Harga Opsi Call Amerika Binomial yaitu:
1.0e+03
*

Colums 1 through 7

0.0528	0.0466	0.0409	0.0357	0.0309	0.0265	0.0226
0	0.0591	0.0524	0.0462	0.0405	0.0353	0.0305
0	0	0.0658	0.0587	0.0520	0.0458	0.0401
0	0	0	0.0730	0.0654	0.0583	0.0516
0	0	0	0	0.0807	0.0726	0.0650
0	0	0	0	0	0.0888	0.0803
0	0	0	0	0	0	0.0974

Colums 101
24.611
25.878
27.201
:
30.024
31.530
33.103

Harga Opsi Put Amerika Binomial yaitu:
Colums 1 through 7

22.4716	25.5048	28.8108	32.3926	36.2499	40.3794	44.7741
0	19.4151	22.1737	25.2021	28.5065	32.0902	35.9530
0	0	16.6351	19.1219	21.8724	24.8958	28.1986
0	0	0	14.1288	16.3499	18.8256	21.5678

0	0	0	0	11.8899	13.8546	16.0620
0	0	0	0	0	9.9094	11.6297
0	0	0	0	0	0	8.1753

Colums 101

0
0
0
:
3247846
3214549
3179779

K=390
S0=425.4
K=390
r=0.045
T=0.290410958041
Sigma=0.401902281
n=100
Nilai deltaT :
0.0029
Nilai u :
1.0219
Nilai d :
0.9786
Nilai p :
0.4976
Nilai S :
1.0e+03 *
Columns 1 through 7

0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901	0.3817	0.3736

0	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901
0	0	0.4442	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074
0	0	0	0.4540	0.4442	0.4347	0.4254
0	0	0	0	0.4639	0.4540	0.4442
0	0	0	0	0	0.4741	0.4639
0	0	0	0	0	0	0.4844

Columns 101

0.0488
0.0509
0.0532
:
34.024
35530
37103

Harga Opsi Call Amerika Binomial yaitu :

1.0e+03*

Columns 1 through 7 :

0.0587	0.0522	0.0461	0.0404	0.0352	0.0305	0.0261
0	0.0654	0.0584	0.0518	0.0457	0.0400	0.0348
0	0	0.0725	0.0650	0.0580	0.0514	0.0453
0	0	0	0.0800	0.0721	0.0646	0.0576
0	0	0	0	0.0881	0.0797	0.0717
0	0	0	0	0	0.0965	0.0877
0	0	0	0	0	0	0.1054

Columns 101 :

0
0

0
:
3.0124
3.1630
3.3203

Harga Opsi Put Amerika Binomial yaitu :

Columns 1 through 7 :

18.483	21.1283	24.0356	27.2115	30.6594	34.3800	38.3704
0	15.8171	18.1985	20.8355	23.7374	26.9110	30.3602
0	0	13.4169	15.5409	17.9111	20.5395	23.4357
0	0	0	11.2759	13.1519	15.2621	17.6207
0	0	0	0	93.848	11.0248	12.8848
0	0	0	0	0	7.7314	9.1498
0	0	0	0	0	0	6.3013

Columns 101 :

3412265
3390674
3368126
:
0
0
0

K= 385
S0=425.4
K=385
r=0.045
T=0.290410958041
Sigma=0.401902281

n=100
Nilai deltaT :
0.0029
Nilai u :
1.0219
Nilai d :
0.9786
Nilai p :
0.4976
Nilai S :
1.0e+03
*

Columns 1 through 7 :

0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901	0.3817	0.3736
0	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901
0	0	0.4442	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074
0	0	0	0.4540	0.4442	0.4347	0.4254
0	0	0	0	0.4639	0.4540	0.4442
0	0	0	0	0	0.4741	0.4639
0	0	0	0	0	0	0.4844

Columns 101

0.0488
0.0509
0.0532
:
34024
35530
37103

Harga Opsi Call Amerika Binomial yaitu :
1.0e+03*

Columns 1 through 7 :

0.0621	0.0553	0.0490	0.0432	0.0378	0.0328	0.0283
0	0.0689	0.0617	0.0549	0.0486	0.0428	0.0374
0	0	0.0761	0.0685	0.0613	0.0546	0.0483
0	0	0	0.0839	0.0758	0.0682	0.0609
0	0	0	0	0.0920	0.0835	0.0755
0	0	0	0	0	0.1007	0.0917
0	0	0	0	0	0	0.1097

Columns 101

21275
22387
23548
:
30174
31680
33253

Harga Opsi Put Amerika Binomial yaitu :

Columns 1 through 7 :

168379	193004	220163	249934	282371	317497	355303
0	143561	165634	190162	217250	246981	279410
0	0	121313	140913	162862	187290	214305
0	0	0	101556	118789	138242	160064
0	0	0	0	84184	99179	116246
0	0	0	0	0	69066	81974
0	0	0	0	0	0	56053

Columns 101

3362265

3340674

3318126

:

0

0

0

K=405
S0=425.4
K=405
r=0.045
T=0.290410958041
Sigma=0.401902281
n=100
Nilai deltaT :
0.0029
Nilai u :
1.0219
Nilai d :
0.9786
Nilai p :
0.4976
Nilai S :

1.0e+03 *

Columns 1 through 7 :

0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901	0.3817	0.3736
0	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074	0.3986	0.3901
0	0	0.4442	0.4347	0.4254	0.4163	0.4074
0	0	0	0.4540	0.4442	0.4347	0.4254
0	0	0	0	0.4639	0.4540	0.4442
0	0	0	0	0	0.4741	0.4639

0	0	0	0	0	0	0.4844

Columns 101

0.0488
0.0509
0.0532
:
34024
35530
37103

Harga Opsi Call Amerika Binomial yaitu :
1.0e+03
*

Columns 1 through 7 :

0.0499	0.0439	0.0383	0.0333	0.0287	0.0245	0.0208
0	0.0559	0.0494	0.0435	0.0379	0.0329	0.0283
0	0	0.0624	0.0555	0.0490	0.0432	0.0375
0	0	0	0.0695	0.0621	0.0551	0.0486
0	0	0	0	0.0770	0.0691	0.0617
0	0	0	0	0	0.0850	0.0766
0	0	0	0	0	0	0.0934

Columns 101

0
0
0
:
2.9974
3.1480
3.3053

Harga Opsi Put Amerika Binomial yaitu :

Columns 1 through 7 :

24.482

4	27.7113	31.2186	35.0055	39.0697	43.4058	48.0049
0	21.2287	24.1775	27.4036	30.9113	34.7020	38.7738
0	0	18.2570	20.9268	23.8692	27.0921	30.6001
0	0	0	15.5662	17.9615	20.6216	23.5574
0	0	0	0	13.1520	15.2804	17.6630
0	0	0	0	0	11.0065	12.8789
0	0	0	0	0	0	9.1190

Columns 101

356.2265

354.0674

351.8126

:

0

0

0

Lampiran 6. Nilai Harga Aktual Call Microsoft Corporation

Microsoft Corporation (MSFT) ☆ Follow + Add holdings — Time to buy MSFT?

395.26 +1.22 +(0.31%) **429.77** +34.51 (+8.73%)

At close: 4:00:00 PM EDT Pre-Market: 9:25:24 AM EDT

Aug 15, 2025 | All Strike Prices | List | All Options

Calls

In The Money

Contract Name	Last Trade Date (EDT)	Strike	Last Price	Bid	Ask	Change	% Change	Volume	Open Interest	Implied
MSFT250815C00185000	4/9/2025 1:02 PM	185	186.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	-	10	
MSFT250815C00200000	4/7/2025 10:57 AM	200	163.19	0.00	0.00	0.00	0.00%	20	30	
MSFT250815C00210000	4/7/2025 11:38 AM	210	151.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	15	15	
MSFT250815C00220000	4/7/2025 11:15 AM	220	138.15	0.00	0.00	0.00	0.00%	1	6	
MSFT250815C00225000	4/29/2025 1:47 PM	225	171.25	0.00	0.00	0.00	0.00%	1	2	
MSFT250815C00230000	1/6/2025 3:43 PM	230	203.40	182.15	185.90	0.00	0.00%	15	33	
MSFT250815C00235000	3/3/2025 9:30 AM	235	167.06	148.85	153.50	0.00	0.00%	41	32	
MSFT250815C00360000	4/30/2025 3:40 PM	360	46.95	0.00	0.00	0.00	0.00%	12	1,159	
MSFT250815C00365000	4/30/2025 3:12 PM	365	43.60	0.00	0.00	0.00	0.00%	18	245	
MSFT250815C00370000	4/30/2025 3:12 PM	370	40.20	0.00	0.00	0.00	0.00%	37	754	
MSFT250815C00375000	4/30/2025 3:56 PM	375	40.45	0.00	0.00	0.00	0.00%	24	484	
MSFT250815C00380000	4/30/2025 3:50 PM	380	34.83	0.00	0.00	0.00	0.00%	23	891	
MSFT250815C00385000	4/30/2025 3:53 PM	385	32.25	0.00	0.00	0.00	0.00%	38	578	
MSFT250815C00390000	4/30/2025 3:59 PM	390	28.80	0.00	0.00	0.00	0.00%	79	763	
MSFT250815C00395000	4/30/2025 3:59 PM	395	26.14	0.00	0.00	0.00	0.00%	65	511	
MSFT250815C00400000	4/30/2025 3:58 PM	400	24.70	0.00	0.00	0.00	0.00%	558	1,863	
MSFT250815C00405000	4/30/2025 3:49 PM	405	20.65	0.00	0.00	0.00	0.00%	14	1,061	
MSFT250815C00410000	4/30/2025 3:57 PM	410	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	253	1,674	
MSFT250815C00415000	4/30/2025 3:49 PM	415	16.20	0.00	0.00	0.00	0.00%	133	1,484	

Lampiran 7. Nilai Harga Aktual Put Microsoft Corporation

MSFT250815P00370000	4/30/2025 3:57 PM	370	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	120	2,737
MSFT250815P00375000	4/30/2025 3:34 PM	375	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	37	1,472
MSFT250815P00380000	4/30/2025 3:42 PM	380	18.55	0.00	0.00	0.00	0.00%	61	1,771
MSFT250815P00385000	4/30/2025 3:55 PM	385	18.25	0.00	0.00	0.00	0.00%	51	1,919
MSFT250815P00390000	4/30/2025 3:55 PM	390	19.95	0.00	0.00	0.00	0.00%	199	1,674
MSFT250815P00395000	4/30/2025 3:54 PM	395	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	16	985
MSFT250815P00400000	4/30/2025 1:46 PM	400	27.15	0.00	0.00	0.00	0.00%	30	2,417
MSFT250815P00405000	4/30/2025 10:57 AM	405	31.15	0.00	0.00	0.00	0.00%	3	534
MSFT250815P00410000	4/30/2025 3:11 PM	410	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	8	996
MSFT250815P00415000	4/30/2025 2:07 PM	415	35.30	0.00	0.00	0.00	0.00%	1	423
MSFT250815P00420000	4/30/2025 10:10 AM	420	42.30	0.00	0.00	0.00	0.00%	1	434
MSFT250815P00425000	4/22/2025 12:23 PM	425	60.41	0.00	0.00	0.00	0.00%	5	1,397
MSFT250815P00430000	4/25/2025 1:18 PM	430	45.50	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	9,673
MSFT250815P00435000	4/30/2025 3:56 PM	435	45.50	0.00	0.00	0.00	0.00%	6	1,596

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Della Agustina
2. Tempat & Tgl Lahir : Grobogan, 04 Agustus 2002
3. Alamat Rumah : Rt.06 Rw.05 Dusun Krajan Kidul Desa Tuko Kec. Pulokulon Kab.Grobogan
4. HP : 087816189044
5. E-mail : agustinadella268@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Formal:

1. SDN 5 Tuko
2. SMPN 1 Pulokulon
3. SMAN 1 Kradenan

Semarang, 20 Juni 2025



Della Agustina
NIM : 2008046010