PEMODELAN *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* DAN PERHITUNGAN RISIKO DENGAN *ADJUSTED EXPECTED SHORTFALL* PADA SAHAM *GOLD*

FAJAR RAHMANA PUTRA
H1011201062

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PEMODELAN *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* DAN PERHITUNGAN RISIKO DENGAN *ADJUSTED EXPECTED SHORTFALL* PADA SAHAM *GOLD*

FAJAR RAHMANA PUTRA
H1011201062

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Pemodelan *Geometric Brownian Motion* dan Perhitungan Risiko dengan *Adjustes Expected Shortfall* pada Saham *Gold*
Nama Mahasiswa	:	Fajar Rahmana Putra
NIM	:	H1011201062
Jurusan/Program Studi	:	Matematika/Matematika
Tanggal Lulus	:	12 Maret 2025
SK Pembimbing	:	No. 2544/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 2 September 2024
SK Penguji	:	No. 756/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 5 Maret 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Yundari, M.Sc	Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc
NIP. 198310202008012012	NIP. 198502172008122006

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Drs. Helmi, M.Si	Fransiskus Fran, M.Si
NIP. 196410171998021001	NIP. 198804152019031014
Pemimpin Sidang (Merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (Merangkap anggota penguji)
Dr. Yundari, M.Sc	Dr. Evy Sulistianingsih, M.Sc
NIP. 198310202008012012	NIP. 198502172008122006

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Univesitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajar Rahmana Putra

NIM : H1011201062

Program Studi/ Jurusan : Matematika/Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 17 Maret 2025

Meterai Rp.10.000
Fajar Rahmana Putra
NIM.H1011201062

Pemodelan *Geometric Brownian Motion* dan Perhitungan Risiko Dengan *Adjusted Expected Shortfall* Pada Saham *Gold*

Abstrak

Analisis risiko merupakan salah satu aspek penting dalam pengambilan keputusan investasi. Untuk memahami dan mengelola risiko ini, diperlukan analisis yang dapat memprediksi pergerakan harga saham dan memperkirakan potensi kerugian. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan pergerakan harga saham dengan menggunakan proses stokastik *Geometric Brownian Motion* (GBM) dan menghitung risiko kerugian melalui perbandingan antara *Value at Risk* (*VaR*) dan *Adjusted Expected Shortfall* (Adj-ES). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan saham Gold (GC=F) selama periode September 2023 hingga Agustus 2024. Model GBM diterapkan untuk mensimulasikan pergerakan harga saham sebanyak 1000 kali, berdasarkan volatilitas dan *drift* dari data *in sample*. Setelah parameter volatilitas dan *drift* dihitung, dilakukan simulasi berbasis model GBM pada data *out sample*. Risiko diukur menggunakan *VaR* dan Adj-ES pada tingkat kepercayaan 95%, yang kemudian divalidasi melalui pengujian *backtesting*. Hasil analisis menunjukkan bahwa model GBM memiliki tingkat akurasi tinggi, dengan nilai MAPE terkecil sebesar 1,04%. Estimasi kerugian maksimum berdasarkan *VaR* menunjukkan nilai sebesar 1,51%, sedangkan estimasi menggunakan Adj-ES menghasilkan nilai kerugian maksimum sebesar 2,23%. Penelitian ini menguji validitas *VaR* dan Adj-ES pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan metode *backtesting* dengan Uji Kupiec. Berdasarkan hasil analisis, *VaR* dan Adj-ES dinyatakan valid karena nilai *Likelihood Ratio* (LR) masing-masing 0,09 dan 0,11 lebih kecil dari nilai kritis Chi-Square sebesar 3,84.

Kata kunci: *Proses Stokastik, Value at Risk, Backtesting, dan Uji Kupiec.*

Geometric Brownian Motion Modeling as well Calculation of Risk with Adjusted Expected Shortfall in Gold Stocks

Abstract

Risk analysis is one of the essential aspects of investment decision-making. To understand and manage this risk, an analysis is required to predict stock price movements and estimate potential losses. This study aims to model stock price movements using the stochastic process Geometric Brownian Motion (GBM) and calculate risk by comparing Value at Risk (*VaR*) with Adjusted Expected Shortfall (Adj-ES). The data used in this study consists of the closing prices of Gold (GC=F) stocks during the period from September 2023 to August 2024. The GBM model was applied to simulate stock price movements 1000 times based on the volatility and drift parameters derived from the in-sample data. After calculating the volatility and drift, simulations using the GBM model were performed on out-of-sample data. Risk was measured using *VaR* and Adj-ES at a 95% confidence level and validated through backtesting. The analysis results show that the GBM model achieves high accuracy, with the smallest MAPE value recorded at 1.04%. The maximum loss estimate based on *VaR* indicates a value of 1.51%, while the estimation using Adj-ES produces a maximum loss value of 2.23%. This study tests the validity of VaR and Adj-ES at a 95% confidence level using the backtesting method with the Kupiec Test. Based on the results of the analysis, VaR and Adj-ES are declared valid because the Likelihood Ratio (LR) values of 0.09 and 0.11 are respectively smaller than the critical Chi-Square value of 3.84.

Keywords: *Stochastic Process, Value at Risk*, *Backtesting, and Kupiec Test.*

PRAKATA

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, yang memungkinkan penulis menyelesaikan skripsi berjudul "***Pemodelan Geometric Brownian Motion dan Pengukuran Risiko dengan Adjusted Expected Shortfall pada Saham Gold*** ". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. Dengan kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada pihak-pihak yang penulis hormati:

1. Kepada keluarga tercinta, yaitu Bapak M. Zulman dan Ibu Kartinah sebagai orang tua penulis, dan adek saudara penulis Faris Al-Farizi, serta Diva Audia Tania yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
2. Ibu Nurfitri Imro'ah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran serta motivasi selama proses perkuliahan.
3. Ibu Dr. Yundari, S.Si., M.Sc dan Ibu Dr. Evy Sulistianingsih, S.Si, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan masukan, arahan, dan motivasi untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Helmi, M.Si dan Bapak Fransiskus Fran, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, saran, dan ilmu-ilmunya dalam penulisan skripsi ini.
5. Keluarga besar Matematika terutama Angkatan 2020 (ANGLES MATH) terutama Rian Prasetio dan Tri Adhazi yang telah membersamai penulis selama masa perkuliahan di Program Studi Matematika

Semoga segala kebaikan dan bantuan yang diberikan memperoleh berkah dari Allah Subhanahu wa Ta'ala.

Pontianak, 15 Maret 2025

Fajar Rahmana Putra

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Tinjauan Pustaka 4
1.6 Metodologi Penelitian 5
BAB II LANDASAN TEORI 10
2.1 Investasi 10
2.2 Saham *Gold Futures* (GC=F) 11
2.3 Harga Saham 11
2.4 Risiko 11
2.5 *Return* 11
2.6 Analisis *Deskriptif* 12
2.7 Uji Normalitas 13
2.8 Estimasi Nilai Parameter Volatilitas ($\boldsymbol{\sigma}$) dan *Drift* ($\boldsymbol{\mu}$) 14
2.9 *Brownian Motion* 14
2.10 Lemma Itô 15
2.11 *Geometric Brownian Motion* 16

2.12 *Mean Absolute Percentase Error* (MAPE) 17
2.13 *Value at Risk* (*VaR*) 18
2.14 *Adjustes Expected Shortfall* (Adj-ES) 20
2.15 Uji *Backtesting* 22
BAB III GBM DAN *ADJUSTED EXPECTED SHORTFALL* 24
3.1 Karakteristik Data.....24
3.2 Uji Normalitas 24
3.3 Estimasi Parameter dan Model GBM.....24
3.4 *Value at Risk* (*VaR*) dengan *simulasi historis* 32
3.5 *Adjusted Expected Shortfall* (Adj-ES) dengan *Simulasi Historis* 34
3.6 *Backtesting Test*.....38
BAB IV KESIMPULAN..... 40
DAFTAR PUSTAKA 41
LAMPIRAN..... 43

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Contoh Studi Kasus 12
Tabel 2.2 Skala Nilai MAPE untuk Tingkat Akurasi Peramalan 18
Tabel 3.1 *Deskriptif* Statistik Harga Penutup *Gold* 25
Tabel 3.2 *Deskriptif* Statistik *Return Gold In Sample* 26
Tabel 3.3 Nilai Estimasi Parameter 28
Tabel 3.4 Nilai MAPE Terkecil dan Iterasinya 30
Tabel 3.5 Prediksi Harga *Gold* 32
Tabel 3.6 Prediksi Kerugian Menggunakan *VaR*-HS 33
Tabel 3.7 Perhitungan $i, \alpha i'$, dan ki dari 1 sampai 9 36
Tabel 3.8 Prediksi Kerugian Menggunakan Kerugiaan Resiko Adj-ES 37
Tabel 3.9 Rasio *VaR* dan Adj-ES pada Beberapa Probabilitas Pelanggaran 38

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1 *Flowrchart* Model GBM, *VaR*, dan Adj-ES 7
Gambar 2.1 Ilustrasi *VaR* Pada Kurva 19
Gambar 3.1 Plot Harga Penutupan Saham *Gold* 25
Gambar 3.2 Plot *Return* Data Harga *Gold In Sample* 26
Gambar 3.3 Prediksi GBM 50, 100, dan 1000 Iterasi 29
Gambar 3.4 Prediksi Harga Saham *Gold* dengan MAPE Terkecil 31

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Data Harga dan *Retrun* Saham Gold Dec24 43
Lampiran 2. Uji Normalitas *Return* Saham *Gold*..... 47
Lampiran 3. Perhitungan Volatilitas*, Drift,* dan Standar *Deviasi Return.* 47
Lampiran 4. Simulasi Iterasi *Geometric Brownian Motion* 49
Lampiran 5. Perbandingan Harga *Gold* Aktual dan Pediksi GBM 51
Lampiran 6. Harga Prediksi Iterasi Terbaik GBM 54
Lampiran 7. Perhitungan *VaR* 57
Lampiran 8. Menghitung *VaR* untuk Setiap Hari dalam Periode Prediksi..... 58
Lampiran 9. Menghitung Adj-ES dengan Simulai Histori..... 59
Lampiran 10. Prediksi Kerugian Harian (berdasarkan Adj-ES Sebelumnya)..... 60
Lampiran 11. Menghitung Hasil *Backtesting* dengan Uji Kupiec *Test*..... 61

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

t	: Waktu
n	: Banyak data *return* saham
R_t	: *Return* saham pada periode ke-$t, t = 1,2,3, \dots, n$
S_t	: Harga penutupan saham pada periode ke-t
$\bar{R}$	: Rata-rata *return* saham
s	: Standar deviasi *return* saham
T	: Periode waktu dalam v satuan (hari, bulan, dan tahun).
σ	: Nilai volatilitas saham
μ	: Nilai *drift* saham
τ	: Interval waktu saham $(t_i - t_{i-1})$
X_t	: Proses stokastik pada waktu ke$-t$
W_t	: Proses *wiener* baku pada waktu ke$-t$
B_t	: *Brownian motion* dengan *drift* pada waktu ke$-t$
R^{α}	: Kuantil ke$-\alpha$ dari distribusi *return*
V_0	: Dana investasi awal
VaR_t	: Prediksi kerugian pada periode t.
$VaR_{(1-\alpha)}$	: *VaR* pada tingkat kepercayaan $(1 - \alpha)$
δ^{α}	: Tingkat signifikansi quantile ke-α dari data *return* saham
$[u]$	: Bilangan bulat terbesar kurang dari sama dengan u
c	: Bilangan real di antara 0 sampai 0,1

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia keuangan, analisis risiko dan pengembalian investasi menjadi kunci dalam pengambilan keputusan. Salah satu instrumen investasi yang menarik perhatian investor adalah saham, terutama saham yang berhubungan dengan komoditas berharga seperti *Gold*. Fluktuasi harga *Gold* di pasar tidak dapat diprediksi secara pasti, dan perubahan harga tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor ekonomi global seperti suku bunga, nilai tukar, serta kebijakan moneter (Lucey, 2013).

Saham *Gold* yang tersedia di Yahoo Finance mengacu pada GC=F yaitu *Gold Futures* (GC=F), sebuah kontrak berjangka emas yang diperdagangkan di pasar komoditas global, khususnya melalui bursa seperti COMEX (*Chicago Mercantile Exchange*). Kontrak ini merepresentasikan kesepakatan untuk membeli atau menjual emas pada harga tertentu di masa depan, menjadikannya instrumen penting bagi investor, trader, dan pelaku industri dalam mengelola risiko harga emas. Harga GC=F mencerminkan pergerakan nilai emas berdasarkan mekanisme pasar dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti inflasi, kebijakan moneter, nilai tukar mata uang, serta kondisi geopolitik.

Sebelum memutuskan untuk berinvestasi pada saham *Gold*, investor umumnya mempertimbangkan pergerakan harga saham tersebut dan fluktuasinya dari waktu ke waktu. Keputusan investasi ini didorong oleh harapan untuk memperoleh keuntungan melalui peningkatan harga *Gold*. Keuntungan dari investasi saham *Gold* dapat diukur melalui *return* saham. Namun, harga *Gold* cenderung mengalami volatilitas yang sulit diprediksi, sehingga mengakibatkan ketidakpastian pada nilai *return* yang diharapkan. Oleh karena itu, diperlukan model matematis yang dapat memprediksi harga saham *Gold* di masa mendatang, untuk membantu investor dalam membuat keputusan yang lebih tepat.

Salah satu model yang digunakan untuk memprediksi harga saham di masa yang akan datang berdasarkan harga masa lalu adalah *Geometric Brownian Motion* (GBM). Model GBM merupakan salah satu model yang banyak digunakan untuk

menggambarkan pergerakan harga aset keuangan. Model ini mengasumsikan bahwa harga aset mengikuti proses stokastik yang memiliki sifat kontinu dan dapat diprediksi dengan baik dalam jangka pendek. Dalam konteks saham *Gold*, penerapan GBM dapat membantu investor dalam memproyeksikan harga di masa depan dan memahami volatilitas yang mungkin terjadi.

Namun, setiap investasi saham tidak dapat dipisahkan dari risiko kerugian. Risiko ini bersifat tak terhindarkan dan dapat terjadi kapan saja. Oleh karena itu, investor perlu menerapkan strategi manajemen risiko yang tepat untuk menjaga stabilitas aktivitas investasi dan menghindari kebangkrutan. Menurut (Surya, 2020), untuk menentukan strategi manajemen risiko yang efektif, investor harus mengetahui estimasi nilai risiko kerugian di masa depan dengan akurat. Menurut (Aven, 2016), *Value at Risk* (*VaR*) dan *Expected Shortfall* (ES) merupakan ukuran risiko yang umum digunakan untuk memprediksi kerugian pada aset saham. *VaR* yaitu suatu pendekatan yang dapat digunakan dalam mengestimasi kerugian maksimal dari sebuah portofolio pada periode waktu dan tingkat kepercayaan tertentu (Widiyatari, 2023). Menurut (Trimono & Maruddani, 2023) kedua ukuran risiko ini memiliki kelemahan. *VaR* tidak memenuhi aksioma subadditif, sehingga tidak tergolong sebagai ukuran risiko yang tepat, sedangkan nilai ES sangat dipengaruhi oleh data ekstrem, yang dapat membuat prediksi menjadi kurang akurat ketika terdapat pencilan dalam data *return* saham.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan *Adjusted Expected Shortfall* (Adj-ES) sebagai model alternatif untuk memprediksi risiko kerugian pada saham *Gold*. *Adjusted Expected Shortfall* adalah ukuran risiko koheren yang yang mampu mengatasi kelemahan yang terdapat pada *Value at Risk* (*VaR*) dan *Expected Shortfall* (ES) (Burzoni, 2022). Penelitian memiliki tujuan untuk menganalisis risiko kerugian pada saham *Gold* dengan memanfaatkan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dan Adj-ES, serta memilih model yang paling akurat melalui pengujian backtesting. Diharapkan model terbaik dapat memberikan panduan yang berguna bagi investor dalam merumuskan strategi manajemen risiko yang efektif. Penelitian sebelumnya yang mengkaji prediksi risiko kerugian pada

saham *Gold* juga menunjukkan pentingnya pendekatan yang lebih kuat dalam mengukur risiko di pasar yang tidak stabil.

Data penelitian ini bersumber dari harga historis saham *Gold* yang diambil dari *Yahoo Finance*, dengan periode analisis dari tanggal 01 September 2023 hingga 30 Agustus 2024. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis prediksi risiko kerugian pada saham *Gold* selama periode tersebut, di mana model *Geometric Brownian Motion* (GBM) digunakan untuk memprediksi harga saham *Gold*, sedangkan *Adjusted Expected Shortfall* (Adj-ES) digunakan untuk memprediksi risiko kerugian. Pendekatan baru dalam penelitian ini adalah perbandingan numerik antara *Value at Risk* (*VaR*) dan Adj-ES, serta pengukuran melalui uji backtesting dengan membandingkan prediksi terhadap data historis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini disusun berdasarkan latar belakang sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi model GBM dalam memprediksi harga saham *Gold* dan bagaimana menilai keakuratan dan model tersebut dalam menggambarkan fluktuasi harga *Gold* selama periode analisis.
2. Bagaimana mengestimasi kerugian maksimum dari investasi pada saham *Gold* dengan menggunakan metode *Value at Risk* (*VaR*) dan *Adjusted Expected Shortfall* (Adj-ES) serta bagaimana perbandingan efektivitas antara kedua metode tersebut dalam memprediksi risiko kerugian.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengimplementasikan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dalam memprediksi harga saham *Gold* dan menilai keakuratan dan model tersebut dalam menggambarkan fluktuasi harga *Gold* selama periode analisis.
2. Untuk mengestimasi kerugian maksimum dari investasi pada saham *Gold* dengan menggunakan metode *Value at Risk* (*VaR*) dan *Adjusted Expected*

Shortfall (Adj-ES), serta membandingkan efektivitas antara kedua metode tersebut dalam memprediksi risiko kerugian.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah penggunaan data harga penutupan saham Gold periode 1 September 2023 hingga 30 Agustus 2024, yang diperoleh dari situs Yahoo Finance https://finance.yahoo.com/.

1.5 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai pemodelan harga saham menggunakan GBM telah dilakukan oleh beberapa penelitian terdahulu. Fadhilah, Evy, & Wirda (2023) penelitian ini menggunakan model *Geometric Brownian Motion* (GBM) dalam memprediksi harga saham PT Bank Central Asia Tbk (BBCA) dan menghitung risiko kerugian maksimum menggunakan *Value at Risk* (*VaR*) berbasis simulasi Monte Carlo. Model GBM menunjukkan akurasi sangat baik dengan rata-rata nilai MAPE 5,77% dan nilai terkecil 1,45%. Nilai *VaR* dihitung pada tingkat kepercayaan berbeda menunjukkan hasil yang signifikan dan relevan untuk analisis risiko investasi saham.

Selain itu, Ainun, Evy, & Neva (2023) menggunakan GBM pada saham Bank Centra Asia Tbk. Berdasrkan penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa prediksi harga saham dengan model GBM *with Jump Diffusion* memberikan nilai *Mean Absolut percentage Error* (MAPE) yaitu sebesar 1,86% yang berarti akurasi peramalan sangat baik.

Pada tahun 2023 Feby, Christian, & Agung menyatakan bahwa prediksi harga minyak mentah menggunakan GBM memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa model GBM bekerja dengan baik untuk memprediksi harga minyak di masa pandemi Covid-19. Nilai MAPE terkecil diperoleh pada perhitungan prediksi dengan menggunakan 1000 iterasi, yaitu sebesar 2,13%.

Selain itu, Trimono & Asih (2023) Dalam penelitian yang dilakukan, prediksi risiko kerugian untuk saham EXCL.JK pada 09/09/22 menggunakan *VaR* dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan kerugian sebesar 2% dari total dana investasi. Sementara itu, dengan menggunakan Adj-ES pada periode yang sama,

hasilnya adalah 4,21%. Hal serupa terjadi pada saham ICBP.JK, di mana prediksi risiko kerugian dengan *VaR* adalah 2,83%, sementara dengan Adj-ES mencapai 5,04%. Berdasarkan uji Backtesting, nilai *Validity Ratio* (VR) dari *VaR* lebih besar dibandingkan Adj-ES, dan tidak ada nilai VR pada Adj-ES yang melebihi satu. Hal ini menunjukkan bahwa Adj-ES secara numerik memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan *VaR* dalam memprediksi risiko kerugian. Oleh karena itu, Adj-ES direkomendasikan sebagai metode yang lebih andal untuk digunakan dalam prediksi risiko kerugian pada investasi saham.

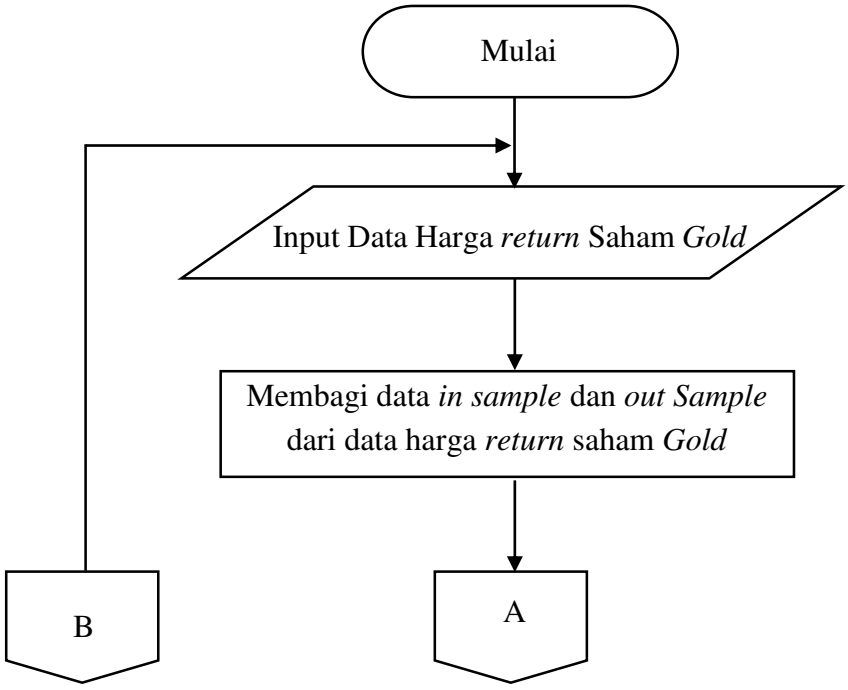
Pada tahun 2022, Khoir, Maruddani, & Ispriyanti melakukan penelitian mengenai prediksi harga saham PT. Waskita Karya Persero Tbk menggunakan GBM *with Jump Diffusion*. Pada penelitian ini, nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 13,01%. Berdasarkan analisis risiko menggunakan *Expected Shortfall* pada tingkat kepercayaan sebesar 90% dan 95%, disimpulkan bahwa semakin besar tingkat kepercayaan yang digunakan maka akan semakin besar pula tingkat kerugian yang akan diterima oleh investor.

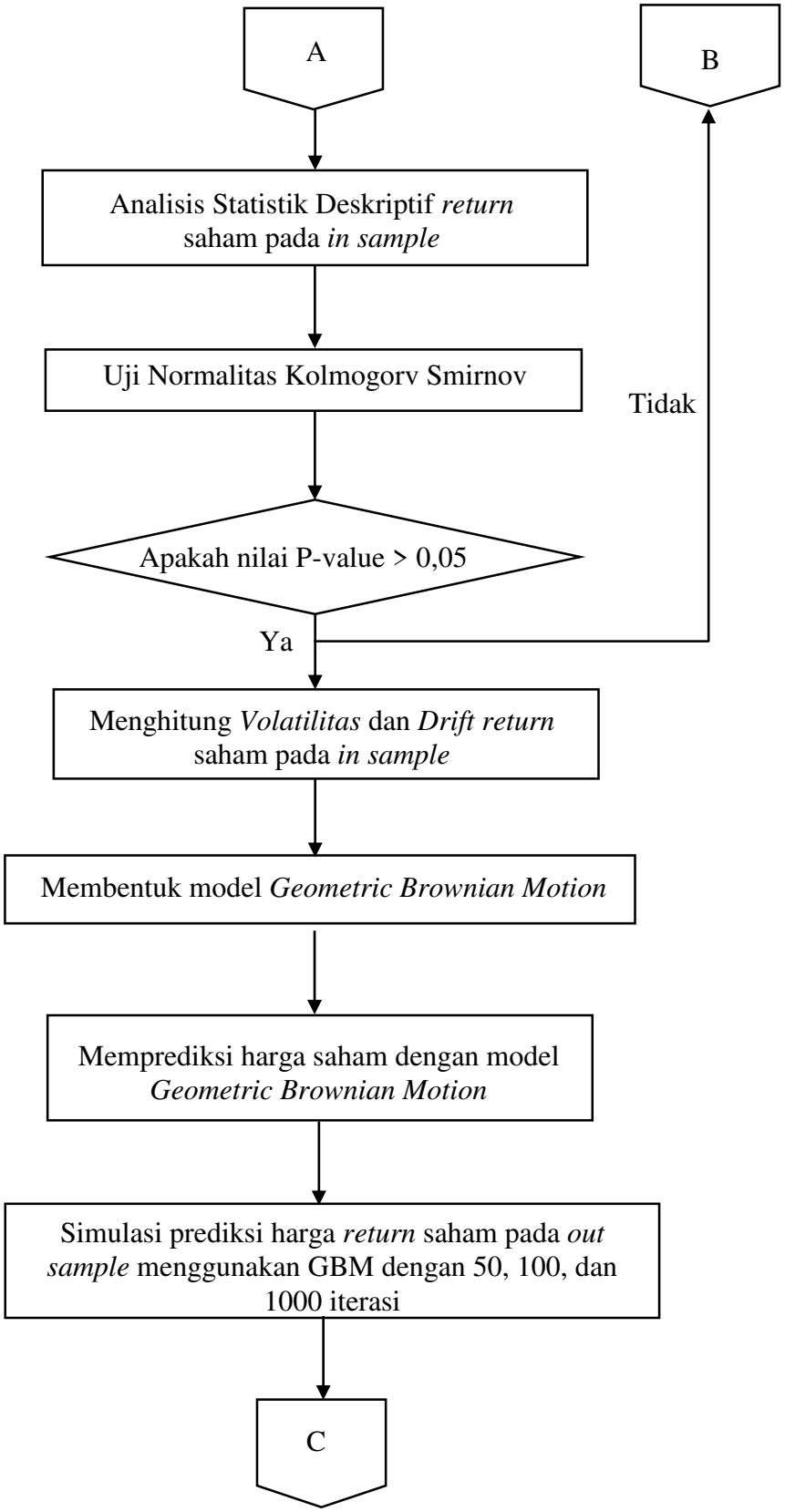
Pada tahun 2023, Indah, Hendra, & Neva melakukan melakukan penelitian yang berfokus pada estimasi *Expected Shortfall* (ES) dalam portofolio saham LQ-45. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi ES dengan *Value at Risk* (*VaR*) dalam memprediksi risiko kerugian. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa estimasi *Expected Shortfall* sebesar 0,0243 memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan estimasi *VaR* yang hanya sebesar 0,0196. Hal ini mengindikasikan bahwa *Expected Shortfall* lebih sensitif dalam menangkap potensi kerugian ekstrem, yang tidak mampu diakomodasi sepenuhnya oleh *VaR*.

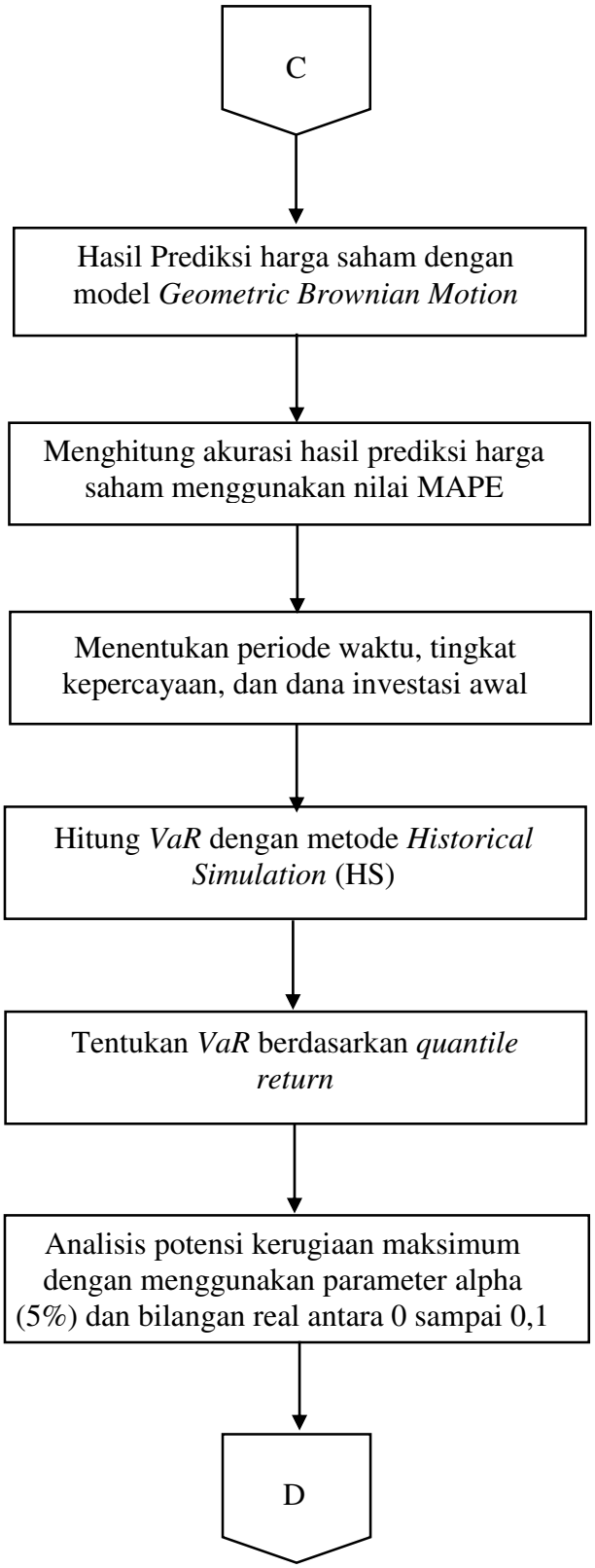
1.6 Metodologi Penelitian

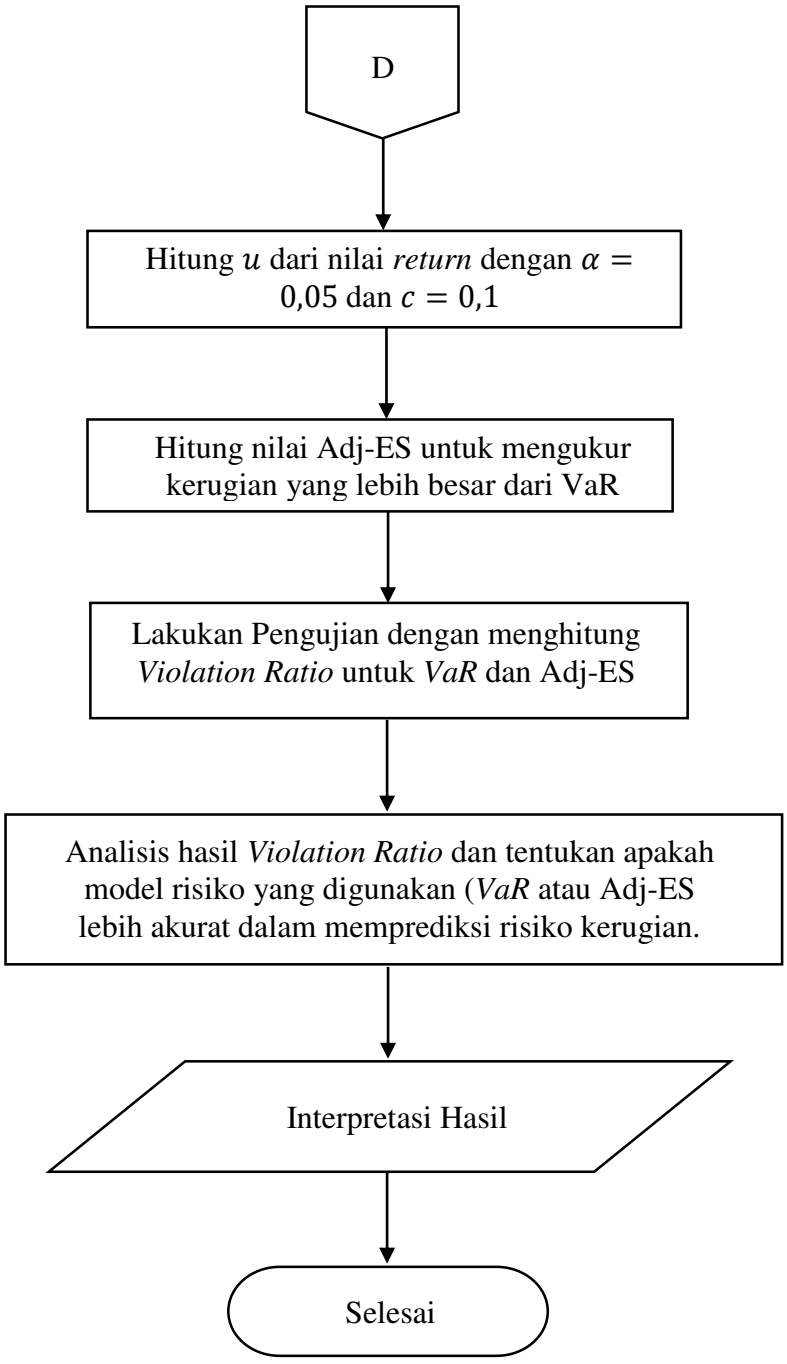
Penelitian ini diawali dengan mempelajari literatur-literatur yang bersumber dari jurnal, buku, dan pendukung lainnya mengenai implementasi model GBM dan Adj-ES. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari *website* yahoo.finance.com yang mana saham digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam sektor *Materials* atau *Basic Materials*, dengan fokus yang lebih spesifik pada subkategori *Precious Metals* (logam mulia). Analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan *python* dan R-Studio.

Metode penelitian ini diawali dengan pengumpulan data harga penutupan saham *Gold (GC=F)* dari platform Yahoo Finance untuk periode 1 September 2023 hingga 30 Agustus 2024. Setelah data terkumpul, dilakukan pembagian data menjadi dua bagian, yaitu *in sample* dan *out-sample*. Data *in sample* mencakup periode 1 September 2023 hingga 20 Juni 2024, sedangkan data *out-sample* meliputi periode 21 Juni 2024 hingga 30 Agustus 2024. Pembagian ini bertujuan untuk melakukan analisis model pada data *in sample* dan memvalidasi model dengan data *out-sample*. Langkah berikutnya adalah perhitungan nilai *log return* saham menggunakan data *in sample*. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas terhadap data *return in sample* menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan tingkat signifikansi 5%. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa data *return* berdistribusi normal, yang merupakan salah satu asumsi penting dalam model *Geometric Brownian Motion* (GBM). Setelah uji normalitas, estimasi parameter *drift* dan volatilitas dilakukan untuk model GBM berdasarkan data *in sample*. Parameter *drift* mencerminkan arah pergerakan harga saham, sedangkan volatilitas mengukur fluktuasi harga. Simulasi prediksi harga saham kemudian dilakukan menggunakan data *out-sample* dengan berbagai iterasi simulasi untuk menguji keakuratan model.




A
B
Analisis Statistik Deskriptif *return* saham pada *in sample*
Uji Normalitas Kolmogorv Smirnov
Tidak
Apakah nilai P-value > 0,05
Ya
Menghitung *Volatilitas* dan *Drift return* saham pada *in sample*
Membentuk model *Geometric Brownian Motion*
Memprediksi harga saham dengan model *Geometric Brownian Motion*
Simulasi prediksi harga *return* saham pada *out sample* menggunakan GBM dengan 50, 100, dan 1000 iterasi
C


C
Hasil Prediksi harga saham dengan model *Geometric Brownian Motion*
Menghitung akurasi hasil prediksi harga saham menggunakan nilai MAPE
Menentukan periode waktu, tingkat kepercayaan, dan dana investasi awal
Hitung *VaR* dengan metode *Historical Simulation* (HS)
Tentukan *VaR* berdasarkan *quantile return*
Analisis potensi kerugiaan maksimum dengan menggunakan parameter alpha (5%) dan bilangan real antara 0 sampai 0,1
D



Gambar 1.1 *Flowchart* Model GBM, *VaR*, dan Adj-ES