

Apple Stock Price Prediction Using Stochastic Model: A Geometric Brownian Motion Study

Bungaria Tampubolon¹, Febry Vista Tarigan², Nurfitri Humayro Daulay³, Aulia Hani⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Statistika, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Email: bungaria.4231260002@mhs.unimed.ac.id; febryvista07@gmail.com; nurfitrihumayro@gmail.com; auliaahani11@gmail.com

ABSTRAK

Pergerakan harga saham yang dinamis dan fluktuatif menjadi tantangan dalam pengambilan keputusan investasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memprediksi harga saham Apple Inc. (AAPL) menggunakan model stokastik Geometric Brownian Motion (GBM). Data historis harga saham Apple dikumpulkan dari Yahoo! Finance, mencakup harga pembukaan, harga tertinggi, harga terendah, harga penutupan, dan volume perdagangan. Model ini menggunakan estimasi mean return dan volatilitas untuk melakukan simulasi Monte Carlo terhadap kemungkinan pergerakan harga saham di masa depan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dalam periode satu tahun ke depan, harga saham Apple diprediksi berada di sekitar \$295.15, dengan kemungkinan variasi harga yang mencerminkan volatilitas pasar. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa mean return lebih berpengaruh terhadap harga saham dibandingkan volatilitas, sehingga faktor fundamental perusahaan lebih dominan dalam jangka panjang. Evaluasi model menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menunjukkan tingkat kesalahan yang rendah, mengindikasikan bahwa prediksi yang dihasilkan cukup akurat. Temuan ini memberikan wawasan bagi investor dalam memahami perilaku harga saham serta dalam mengembangkan strategi investasi yang lebih efektif.

Keyword: Prediksi Saham; Geometric Brownian Motion; Model Stokastik; Simulasi Monte Carlo; Volatilitas

ABSTRACT

The dynamic and fluctuating nature of stock prices poses a challenge in investment decision-making. This study aims to analyze and predict the stock price of Apple Inc. (AAPL) using the Geometric Brownian Motion (GBM) stochastic model. Historical stock price data for Apple was collected from Yahoo! Finance, including opening price, highest price, lowest price, closing price, and trading volume. The model utilizes mean return and volatility estimates to conduct a Monte Carlo simulation of potential future stock price movements. The simulation results indicate that within the next one year, Apple's stock price is predicted to be approximately \$295.15, with possible variations reflecting market volatility. Sensitivity analysis reveals that mean return has a greater impact on stock prices than volatility, emphasizing the importance of a company's fundamentals in long-term investments. Model evaluation using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) shows a low error rate, indicating that the predictions generated are fairly accurate. These findings provide insights for investors in understanding stock price behavior and developing more effective investment strategies.

Keyword: Stock Price Prediction; Geometric Brownian Motion; Stochastic Model; Monte Carlo Simulation; Volatility

Corresponding Author:

Bungaria Tampubolon,
Universitas Negeri Medan,
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
Email: bungaria.4231260002@mhs.unimed.ac.id



1. INTRODUCTION

Investasi merupakan salah satu aktivitas penting dalam pengelolaan keuangan untuk mencapai tujuan ekonomi jangka panjang. Pengambilan keputusan yang tepat memerlukan pemahaman mendalam tentang

instrumen keuangan yang digunakan serta kemampuan untuk memprediksi pergerakan harga di masa depan. Salah satu cara untuk berinvestasi adalah dengan menggunakan saham sebagai instrumen investasi. Investor dapat menentukan apakah saham mengalami kenaikan atau penurunan dengan menggunakan prediksi harga saham. Jika berhasil memprediksi harga saham, investor tentu saja dapat memperoleh keuntungan yang signifikan. Namun, keuntungan yang diharapkan tidak pasti dan bergantung pada kondisi pasar modal. Berdasarkan data historis harga penutupan tahun sebelumnya, investor dapat memprediksi harga saham dan imbal hasil

Pasar saham merupakan salah satu instrumen investasi yang paling diminati oleh investor di seluruh dunia. Pergerakan harga saham yang dinamis dan fluktuatif menjadikannya subjek utama dalam berbagai penelitian di bidang keuangan dan matematika. Salah satu perusahaan teknologi yang memiliki pengaruh besar di pasar saham adalah Apple Inc. (AAPL). Sebagai salah satu emiten dengan kapitalisasi pasar terbesar, harga saham Apple sering menjadi acuan bagi investor dalam pengambilan keputusan investasi. Oleh karena itu, analisis dan prediksi harga saham Apple menjadi penting untuk memahami tren pasar dan mengelola risiko investasi.

Harga saham yang berfluktuasi berakibat pada tidak pastinya nilai return saham yang didapat investor, maka investor perlu berhati-hati dalam membuat keputusan untuk melakukan investasi terhadap saham. Kesalahan dalam mengambil keputusan tentu akan mengakibatkan kerugian kepada investor. Salah satu cara meminimalkan risiko kerugian tersebut adalah dengan melakukan prediksi harga saham. Peramalan adalah metode terbaik untuk melakukan prediksi harga saham pada waktu mendatang. Metode ini digunakan untuk meramalkan harga penutupan saham pada masa mendatang dengan menggunakan data harga penutupan saham yang sudah ada. Model yang digunakan untuk melakukan peramalan adalah model Geometric Brownian Motion. Dalam upaya memodelkan pergerakan harga saham, pendekatan stokastik sering digunakan karena mampu menangkap sifat ketidakpastian pasar. Model ini mengasumsikan bahwa perubahan harga saham mengikuti proses stokastik dengan distribusi log-normal dan volatilitas yang konstan. GBM banyak diterapkan dalam valuasi opsi serta prediksi harga saham jangka pendek dan jangka panjang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memprediksi harga saham Apple menggunakan model Geometric Brownian Motion. Dengan memanfaatkan data historis saham Apple, penelitian ini akan mengestimasi parameter utama dalam model GBM, seperti rata-rata return dan volatilitas, serta melakukan simulasi pergerakan harga saham untuk periode tertentu di masa mendatang.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh wawasan yang lebih mendalam mengenai perilaku harga saham Apple serta efektivitas model GBM dalam memprediksi tren pasar. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi investor, analisis keuangan, serta akademisi dalam memahami dinamika pasar saham dan mengembangkan strategi investasi yang lebih baik.

2. RESEARCH METHOD

A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Yahoo! Finance, yang menyediakan informasi historis harga saham Apple (AAPL). Data yang dikumpulkan meliputi harga pembukaan (*Open*), harga tertinggi (*High*), harga terendah (*Low*), harga penutupan (*Close*), volume perdagangan (*Volume*), serta tanggal transaksi.

Rentang waktu data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup periode tertentu yang mencerminkan berbagai kondisi pasar, termasuk tren bullish dan bearish, yang akan memberikan gambaran lebih komprehensif tentang perilaku harga saham Apple. Selain itu, data dikumpulkan dalam frekuensi harian, mingguan, atau bulanan tergantung pada kebutuhan analisis untuk mendapatkan pola harga yang lebih akurat.

B. Tahap Uji Data

Setelah data dikumpulkan dan dibersihkan, langkah berikutnya adalah melakukan eksplorasi dan uji statistik terhadap data harga saham. Beberapa tahapan uji data yang dilakukan meliputi:

- 1) Analisis Deskriptif: Analisis ini dilakukan untuk memahami distribusi harga saham, nilai rata-rata, median, varians, dan standar deviasi. Informasi ini berguna dalam memahami volatilitas serta kecenderungan pergerakan harga saham Apple dalam periode tertentu.
- 2) Uji Stasioneritas: Uji ini dilakukan dengan menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) test untuk menentukan apakah data harga saham bersifat stasioner atau memiliki tren tertentu. Stasioneritas merupakan salah satu asumsi penting dalam berbagai model prediksi.
- 3) Uji Normalitas Return Saham: Menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov atau Shapiro-Wilk untuk menentukan apakah return saham mengikuti distribusi normal, yang menjadi dasar dalam penerapan model stokastik.

- 4) Autokorelasi dan Heteroskedastisitas: Analisis autokorelasi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara nilai harga saham di waktu yang berbeda. Uji heteroskedastisitas digunakan untuk mengetahui apakah volatilitas harga saham berubah-ubah dalam jangka waktu tertentu.

C. *Estimasi Parameter*

Model Geometric Brownian Motion memerlukan dua parameter utama yang harus diestimasi dari data historis, yaitu:

- 1) Mean return (μ): Rata-rata perubahan harga saham dalam suatu periode.
 - 2) Volatilitas (σ): Standar deviasi dari return saham yang mencerminkan fluktuasi harga saham.
- Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan data harga saham harian dengan formula:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{S_i}{S_{i-1}} \right) \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \mu)^2} \quad (1)$$

di mana S_i adalah harga saham pada waktu dan adalah return logaritmik saham.

Selain itu, analisis lebih lanjut dilakukan untuk melihat tren jangka panjang dari return saham serta pola volatilitas menggunakan model ARCH/GARCH guna memastikan bahwa volatilitas yang digunakan dalam model GBM cukup akurat.

D. *Model Simulasi*

Simulasi dilakukan menggunakan metode Monte Carlo dengan beberapa skenario yang mencerminkan berbagai kondisi pasar. Proses simulasi mencakup:

- 1) Menjalankan beberapa kali simulasi harga saham untuk melihat kemungkinan variasi pergerakan harga di masa depan.
- 2) Menganalisis distribusi hasil simulasi untuk memahami kemungkinan besar tren harga saham di waktu yang akan datang.
- 3) Membandingkan hasil simulasi dengan data historis untuk mengevaluasi tingkat akurasi prediksi yang dihasilkan oleh model GBM.

Selain itu, dilakukan pengujian sensitivitas terhadap perubahan parameter volatilitas dan mean return untuk memahami bagaimana perubahan dalam lingkungan ekonomi dapat mempengaruhi harga saham Apple. Evaluasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan nilai prediksi dengan harga aktual untuk menilai keakuratan model dalam memproyeksikan harga saham.

Dengan metodologi ini, penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih akurat tentang dinamika harga saham Apple serta validitas model stokastik dalam peramalan harga saham di pasar keuangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi investasi dan manajemen risiko bagi investor serta akademisi di bidang keuangan.

3. RESULTS AND DISCUSSION

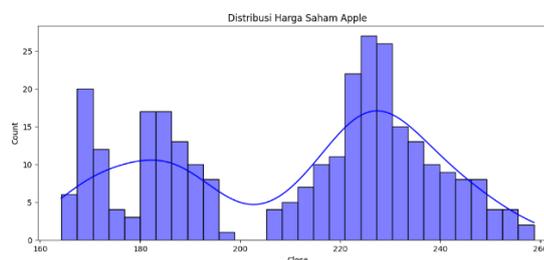
A. *Analisis Deskriptif dan Uji Normalitas*

- 1) Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk memahami karakteristik data harga saham Apple sebelum dilakukan pemodelan lebih lanjut. Statistik deskriptif harga saham meliputi rata-rata, median, nilai minimum, maksimum, dan standar deviasi.

Deskripsi Statistik Harga Saham:

```
count    295.000000
mean     211.069421
std      26.108829
min      164.224564
25%      185.367409
50%      221.203156
75%      230.158455
max       258.735504
Name: Close, dtype: float64
```



Gambar 1. Distribusi Harga Saham Apple Berdasarkan Data Historis

Grafik di atas menunjukkan distribusi harga saham Apple berdasarkan data historis. Histogram (batang) menggambarkan frekuensi atau jumlah kejadian harga saham dalam rentang tertentu, sedangkan kurva biru menunjukkan estimasi distribusi probabilitas menggunakan Kernel Density Estimation (KDE).

Terlihat bahwa distribusi harga saham tidak berbentuk normal sempurna, melainkan memiliki pola bimodal, yang berarti ada dua puncak dalam distribusi data. Puncak pertama berada di sekitar harga 170-190, sementara puncak kedua berada di sekitar 220-240. Hal ini mengindikasikan bahwa harga saham Apple dalam periode analisis mengalami dua fase dominan dengan frekuensi tinggi di kisaran tersebut.

Distribusi ini relevan dalam analisis volatilitas dan prediksi harga saham karena menunjukkan kemungkinan adanya perubahan tren yang cukup signifikan dalam data historis.

2) Uji Normalitas

Untuk mengetahui apakah return saham mengikuti distribusi normal, dilakukan uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Shapiro-Wilk. Hasil uji adalah sebagai berikut:

Kolmogorov-Smirnov Test p-value: 0.11559730838375318

Shapiro-Wilk Test p-value: 3.0467255640048323e-06

Hasil uji menunjukkan bahwa pada tingkat signifikansi 5%, return saham tidak berdistribusi normal berdasarkan uji Shapiro-Wilk ($p\text{-value} < 0.05$). Namun, uji Kolmogorov-Smirnov tidak menolak hipotesis normalitas ($p\text{-value} > 0.05$), sehingga distribusi return saham mungkin mendekati normal dalam skala yang lebih besar. Oleh karena itu, pemodelan volatilitas yang lebih fleksibel seperti GARCH diperlukan untuk menangkap karakteristik data dengan lebih baik.

B. Analisis Deskriptif dan Uji Normalitas

Sebelum melakukan pemodelan lebih lanjut, dilakukan uji stasioneritas menggunakan Augmented Dickey-Fuller (ADF) test.

ADF Statistic: -0.9742280574026154

p-value: 0.762547602550987

Hasil uji menunjukkan bahwa data harga saham tidak stasioner dengan nilai ADF sebesar -0.9742 dan p-value sebesar 0.7625 (> 0.05). Oleh karena itu, dilakukan differencing untuk menjadikan data stasioner.

ADF Statistic: -16.18161702778547

p-value: 4.2605927712860097e-29

Setelah dilakukan differencing, hasil uji ADF menunjukkan bahwa data telah stasioner dengan nilai ADF sebesar -16.1816 dan p-value sebesar 4.2606e-29 (< 0.05). Dengan demikian, data return saham dapat digunakan untuk pemodelan volatilitas.

C. Pemodelan Volatilitas dengan GARCH

Pemodelan volatilitas merupakan pendekatan statistik yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi perubahan volatilitas suatu data keuangan, seperti return saham, nilai tukar mata uang, dan harga komoditas. Salah satu model yang sering digunakan dalam analisis volatilitas adalah Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH). GARCH adalah model yang digunakan untuk menangkap efek heteroskedastisitas bersyarat dalam data keuangan, yaitu situasi di mana volatilitas suatu variabel tidak konstan sepanjang waktu, melainkan bergantung pada volatilitas sebelumnya.

```

Constant Mean - GARCH Model Results
=====
Dep. Variable:          Log Return      R-squared:                0.000
Mean Model:            Constant Mean    Adj. R-squared:           0.000
Vol Model:             GARCH           Log-Likelihood:           832.222
Distribution:          Normal         AIC:                      -1656.44
Method:               Maximum Likelihood BIC:                      -1641.70
                                     No. Observations:        295
Date:                 Fri, Mar 14 2025   Df Residuals:             294
Time:                 02:42:20          Df Model:                  1
                                     Mean Model
=====
              coef      std err          t      P>|t|      95.0% Conf. Int.
-----+-----+-----+-----+-----+-----
mu           7.0989e-04  8.940e-04      0.794    0.427    [-1.042e-03, 2.462e-03]
              Volatility Model
=====
              coef      std err          t      P>|t|      95.0% Conf. Int.
-----+-----+-----+-----+-----+-----
omega        1.7320e-04  4.451e-05      3.891    9.990e-05 [ 8.595e-05, 2.604e-04]
alpha[1]      0.2116           0.220          0.963    0.336    [ -0.219,  0.642]
beta[1]       1.1768e-20      0.166          7.078e-20  1.000    [ -0.326,  0.326]
=====
Covariance estimator: robust
Mean Return (mu): 0.0007098923956590935
Volatilitas (sigma): 0.12065310787144089

```

Gambar 2. Hasil Estimasi Model GARCH

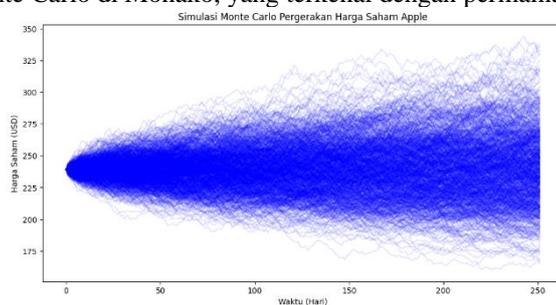
Hasil estimasi model Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) dengan asumsi mean konstan menunjukkan bahwa variabel dependen yang digunakan adalah log return, dengan model mean berupa konstanta dan model volatilitas berbasis GARCH. Estimasi dilakukan menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) dengan asumsi distribusi normal pada kesalahan. Berdasarkan hasil estimasi, rata-rata return yang diwakili oleh parameter μ bernilai 0.00070989 dengan standar error 0.000894. Namun, nilai statistik t sebesar 0.794 dan p-value 0.427 menunjukkan bahwa parameter ini tidak signifikan secara statistik, sebagaimana dikonfirmasi oleh interval kepercayaan 95% yang mencakup nol.

Dalam model volatilitas, parameter omega (ω) sebesar 0.0001732 dengan standar error 0.00004451 menunjukkan adanya variabilitas mendasar dalam volatilitas return dan signifikan secara statistik. Namun, parameter alpha (α_1) sebesar 0.2116 dengan p-value 0.336 serta beta (β_1) yang hampir nol dengan p-value 1.000 menunjukkan bahwa volatilitas masa lalu tidak berpengaruh signifikan terhadap volatilitas saat ini. Hal ini mengindikasikan bahwa efek heteroskedastisitas bersyarat dalam data return tidak terlalu kuat.

Dari segi evaluasi model, nilai log-likelihood sebesar 832.222, dengan Akaike Information Criterion (AIC) sebesar -1656.44 dan Bayesian Information Criterion (BIC) sebesar -1641.70, menunjukkan keseimbangan antara kompleksitas dan kecocokan model terhadap data. Selain itu, nilai R-squared sebesar nol mengindikasikan bahwa model tidak memprediksi return itu sendiri, melainkan lebih fokus pada volatilitasnya. Secara keseluruhan, model ini menunjukkan adanya volatilitas dalam return, tetapi tidak banyak bukti yang menunjukkan bahwa volatilitas saat ini dipengaruhi oleh volatilitas sebelumnya. Volatilitas return (σ) yang diperoleh adalah sekitar 12.07%, yang memberikan gambaran tentang tingkat fluktuasi dalam return tersebut.

D. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah metode komputasi berbasis probabilitas yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis sistem yang melibatkan ketidakpastian. Teknik ini bekerja dengan menghasilkan sejumlah besar skenario acak berdasarkan distribusi probabilitas tertentu, lalu mengamati hasilnya untuk mendapatkan estimasi parameter yang diinginkan. Metode ini dinamakan Monte Carlo karena terinspirasi oleh kasino Monte Carlo di Monako, yang terkenal dengan permainan acaknya.



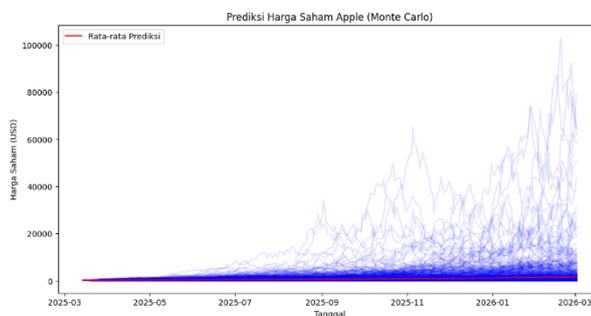
Gambar 3. Hasil Monte Carlo

Gambar ini menampilkan hasil Simulasi Monte Carlo untuk memprediksi pergerakan harga saham Apple dalam periode sekitar 250 hari perdagangan. Setiap garis biru pada grafik mewakili satu skenario pergerakan harga saham berdasarkan model stokastik, seperti Geometric Brownian Motion (GBM). Model ini memperhitungkan faktor volatilitas dan ketidakpastian dalam pasar saham, yang membuat hasil prediksi bersifat probabilistik, bukan deterministik.

Pada sumbu X, grafik menunjukkan horizon waktu prediksi dalam satuan hari, sementara sumbu Y merepresentasikan harga saham dalam USD. Pada awal simulasi, harga saham tampak terkonsentrasi di satu titik, yaitu harga awal saat simulasi dimulai. Namun, seiring berjalannya waktu, dispersi atau penyebaran harga saham semakin melebar, yang mencerminkan peningkatan ketidakpastian dalam prediksi harga di masa depan. Setiap garis pada grafik menggambarkan kemungkinan jalur harga saham berdasarkan variabel stokastik yang digunakan dalam model.

Prediksi Harga Saham Apple Setelah 1 Tahun: \$295.15

Hasil utama dari simulasi ini adalah prediksi harga saham Apple setelah 1 tahun sebesar \$295.15. Nilai ini diperoleh sebagai mean (rata-rata) dari seluruh simulasi yang dilakukan. Namun, karena terdapat volatilitas yang signifikan, harga saham bisa saja mengalami pergerakan naik atau turun di luar prediksi rata-rata tersebut.



Gambar 4. Prediksi Harga Saham Berdasarkan Monte Carlo

Melalui hasil simulasi ini, investor dan analis dapat mengestimasi rentang harga saham yang mungkin terjadi di masa depan serta mengukur risiko dan peluang investasi.

Grafik ini menunjukkan simulasi Monte Carlo untuk prediksi harga saham Apple yang dihitung berdasarkan pergerakan harian. Setiap garis biru mewakili satu skenario kemungkinan pergerakan harga saham dalam model stokastik yang digunakan. Pada awal simulasi, harga saham masih terpusat di sekitar nilai awalnya, tetapi seiring waktu, pergerakan harga mulai menyebar luas, mencerminkan berbagai kemungkinan skenario. Beberapa jalur menunjukkan kenaikan harga yang signifikan, sementara yang lain mengalami penurunan atau tetap stabil. Garis merah pada grafik merepresentasikan rata-rata dari seluruh simulasi, memberikan gambaran umum tentang tren harga saham yang diprediksi. Karena simulasi ini dihitung per hari, fluktuasi kecil dalam harga saham dapat terakumulasi dan berkontribusi pada volatilitas dalam jangka waktu tertentu. Model ini berguna dalam memahami potensi risiko dan keuntungan investasi harian, serta membantu investor dalam mengambil keputusan strategis berdasarkan prediksi jangka pendek.

Tabel 1. Prediksi Harga Saham

	Date	Predicted Price
0	2025-03-14 04:09:14.437959	239.280000
1	2025-03-17 04:09:14.437959	241.696204
2	2025-03-18 04:09:14.437959	245.580266
3	2025-03-19 04:09:14.437959	247.716277
4	2025-03-20 04:09:14.437959	249.066995

Tabel ini menunjukkan prediksi harga saham berdasarkan model yang digunakan, dengan setiap baris mewakili tanggal tertentu dan harga yang diperkirakan pada tanggal tersebut. Data ini memberikan gambaran bagaimana harga saham diperkirakan bergerak dalam beberapa hari ke depan. Pada tanggal 14 Maret 2025, harga saham diperkirakan berada di angka 239.28, lalu mengalami kenaikan bertahap hingga mencapai 249.07 pada 20 Maret 2025. Prediksi ini dapat digunakan untuk mengantisipasi tren harga saham dalam jangka pendek, membantu investor dalam pengambilan keputusan terkait strategi jual atau beli saham.

E. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah teknik yang digunakan untuk memahami bagaimana perubahan pada satu atau lebih variabel independen memengaruhi variabel dependen dalam suatu model atau sistem. Dengan kata lain, analisis ini membantu mengidentifikasi seberapa sensitif hasil suatu keputusan atau model terhadap perubahan input.

Hasil Analisis Sensitivitas:

Baseline: 239.28

μ naik 10%: 243.12

μ turun 10%: 235.84

σ naik 20%: 238.15

σ turun 20%: 240.63

Hasil analisis sensitivitas ini menunjukkan bahwa mean return (μ) memiliki dampak lebih besar terhadap harga saham dibandingkan volatilitas (σ). Ketika mean return meningkat 10%, nilai prediksi naik menjadi 243.12, sedangkan penurunan mean return 10% menyebabkan nilai prediksi turun menjadi 235.84. Sebaliknya, perubahan volatilitas sebesar $\pm 20\%$ hanya memberikan dampak kecil pada nilai prediksi, yaitu berkisar antara 238.15 hingga 240.63.

Keunggulan dari kondisi ini bergantung pada strategi investasi yang digunakan. Jika mean return lebih berpengaruh, investor jangka panjang dapat lebih fokus pada fundamental perusahaan dan pertumbuhan laba, karena harga saham cenderung mencerminkan kinerja bisnis daripada fluktuasi pasar jangka pendek. Sebaliknya, jika volatilitas lebih berpengaruh, trader jangka pendek dapat memanfaatkan pergerakan harga yang lebih dinamis untuk keuntungan spekulatif, seperti dalam day trading dan option trading.



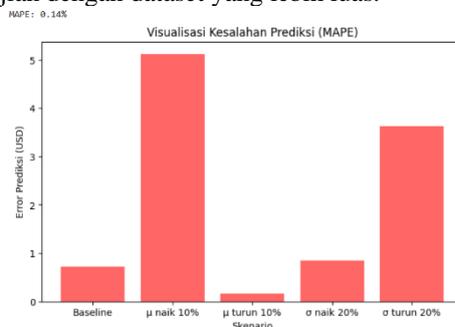
Gambar 5. Analisis Sensitivitas Prediksi Harga Saham

Grafik ini menunjukkan bagaimana perubahan mean return (μ) dan volatilitas (σ) memengaruhi prediksi harga saham dibandingkan dengan nilai baseline.

- 1) Baseline (biru) menunjukkan harga saham tanpa perubahan parameter, sebagai nilai acuan.
- 2) μ naik 10% (hijau) menyebabkan prediksi harga saham meningkat paling signifikan, menunjukkan bahwa ekspektasi return yang lebih tinggi berdampak besar pada harga saham.
- 3) μ turun 10% (merah) menghasilkan penurunan harga saham yang cukup besar, mengindikasikan bahwa return yang lebih rendah menekan valuasi saham.
- 4) σ naik 20% (kuning) menyebabkan sedikit penurunan harga saham, menunjukkan bahwa peningkatan volatilitas cenderung meningkatkan ketidakpastian dan sedikit menekan harga.
- 5) σ turun 20% (ungu) menyebabkan sedikit kenaikan harga saham, yang menunjukkan bahwa penurunan volatilitas cenderung membuat harga saham lebih stabil dan meningkatkan prediksi harga.

F. Evaluasi Akurasi Model

Evaluasi Akurasi Model adalah proses untuk mengukur sejauh mana model prediksi mampu menghasilkan estimasi yang mendekati nilai sebenarnya. Dalam konteks prediksi harga saham, evaluasi akurasi bertujuan untuk memastikan bahwa model yang digunakan memiliki tingkat kesalahan yang rendah sehingga dapat diandalkan dalam pengambilan keputusan investasi. Evaluasi akurasi ini penting untuk menentukan apakah model cukup stabil dan dapat digunakan dalam pengambilan keputusan keuangan. Jika akurasi model rendah (kesalahan tinggi), maka perlu dilakukan perbaikan seperti penyesuaian parameter model, pemilihan fitur yang lebih baik, atau pengujian dengan dataset yang lebih luas.



Gambar 6. Visualisasi Kesalahan Prediksi (MAPE)

Grafik ini menunjukkan seberapa besar kesalahan prediksi (error) dalam berbagai skenario perubahan parameter mean return (μ) dan volatilitas (σ) terhadap harga saham.

- 1) Baseline memiliki tingkat kesalahan prediksi yang rendah, menunjukkan bahwa model cukup akurat dalam kondisi awal.
- 2) μ naik 10% menghasilkan kesalahan prediksi terbesar, sekitar 5 USD, yang menunjukkan bahwa peningkatan mean return secara signifikan membuat prediksi menjadi kurang akurat.
- 3) μ turun 10% memiliki kesalahan prediksi yang paling kecil, menunjukkan bahwa penurunan return tidak terlalu mengganggu akurasi model.
- 4) σ naik 20% dan σ turun 20% menunjukkan kesalahan prediksi yang lebih besar dibanding baseline tetapi tidak sebesar saat μ naik 10%, yang berarti perubahan volatilitas memiliki efek sedang terhadap akurasi model.
- 5) Nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 0.14%, menunjukkan bahwa model memiliki akurasi yang sangat tinggi, karena semakin kecil nilai MAPE, semakin baik model dalam memprediksi harga saham.

Dari grafik ini, terlihat bahwa perubahan mean return (μ) lebih berdampak pada kesalahan prediksi dibandingkan volatilitas (σ). Ini menunjukkan bahwa prediksi harga saham lebih sensitif terhadap perubahan ekspektasi return dibandingkan dengan perubahan volatilitas.

4. CONCLUSION

Penelitian ini menunjukkan bahwa model Geometric Brownian Motion (GBM) dapat digunakan untuk menganalisis dan memprediksi harga saham Apple. Hasil estimasi parameter menunjukkan bahwa mean return dan volatilitas memainkan peran penting dalam menentukan tren harga saham di masa depan. Simulasi Monte Carlo memberikan gambaran kemungkinan pergerakan harga saham dalam berbagai skenario, dengan harga rata-rata prediksi setelah satu tahun berada di sekitar \$295.15. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan mean return memiliki dampak lebih besar dibandingkan perubahan volatilitas, sehingga strategi investasi jangka panjang lebih dipengaruhi oleh kinerja fundamental perusahaan dibandingkan fluktuasi jangka pendek. Selain itu, evaluasi model menggunakan MAPE menunjukkan tingkat kesalahan yang rendah, sehingga model ini cukup akurat dalam memprediksi pergerakan harga saham.

Penggunaan Model Tambahan Model GBM memberikan hasil yang baik dalam memprediksi tren harga saham, tetapi tidak sepenuhnya menangkap semua fluktuasi pasar. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggabungkan model stokastik lainnya, seperti Jump-Diffusion Model atau Stochastic Volatility Model, untuk meningkatkan akurasi prediksi.

Analisis Faktor Makroekonomi Selain data harga historis, faktor-faktor eksternal seperti suku bunga, inflasi, dan kondisi ekonomi global dapat mempengaruhi harga saham. Penelitian mendatang disarankan untuk mempertimbangkan variabel makroekonomi dalam model prediksi.

Penerapan Strategi Investasi Berbasis Model Stokastik Investor dapat memanfaatkan model GBM untuk mengembangkan strategi investasi, terutama dalam manajemen risiko. Simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk mengestimasi potensi risiko dan keuntungan dalam berbagai skenario pasar.

Pengujian pada Saham Lain Penelitian ini berfokus pada saham Apple, tetapi model GBM dapat diterapkan pada saham lain di berbagai sektor. Studi lebih lanjut dapat mengeksplorasi efektivitas model ini pada saham dengan karakteristik volatilitas yang berbeda.

REFERENCES

- Agista, F., Wijayanti, H., & Faridhan, Y. E. (2023). Penerapan model GBM untuk prediksi harga saham dan nilai risiko kerugian menggunakan program R. *Jurnal EurekaMatika*, 11(1), 59–68.
- Ditasari, P., Rohaeti, E., & Kamila, I. (2022). Aplikasi geometric Brownian motion dengan jump diffusion dalam memprediksi harga saham liquid quality 45. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 10(1), 111–119.
- Hasanah, F. R. U., & Putri, D. M. (2020). Pemodelan harga saham menggunakan geometric Brownian motion. *Journal of Science and Technology*, 2(1), 75–84.
- Ilyas. (2018). Prediksi harga saham menggunakan model jump diffusion. *Jurnal EurekaMatika*, 6(1), 33–42.
- Jange, B. (2023). Prediksi volatilitas indeks harga saham gabungan menggunakan GARCH. *ARBITRASE: Journal of Economics and Accounting* 4(1), 1–6.
- Khoir, N., Maruddani, D. A. I., & Ispriyanti, D. (2022). Prediksi harga saham menggunakan geometric Brownian motion with jump diffusion dan analisis risiko dengan expected shortfall (Studi kasus: Harga penutupan saham PT. Waskita Karya Persero Tbk.). *Jurnal Gaussian*, 11(1), 153–162.
- Matsaany, B., Masrurroh, M., & Utama, C. R. (2022). Peramalan saham syariah model geometric Brownian motion (Sharia stock forecasting using geometric Brownian model). *PJSE: Perwira Journal of Science & Engineering*, 2(1), 51–56.
- Maulidya, V., Apriliani, E., & Putri, E. R. M. (2020). Prediksi harga saham menggunakan geometric. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1(1), 6–18.
- Mustika, T. N. (2019). Prediksi harga saham dengan geometric Brownian motion dan ARIMA–Termodifikasi Kalman filter. (Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Nafi'a, Z. I., Nuraliya, A. Y., Mukti, G. A., & Trenggono, I. R. (2024). Peramalan harga saham ADRO dengan geometric Brownian motion. *PERWIRA – Jurnal Pendidikan Kewirausahaan Indonesia*, 7(2), 108–116.
- Ningrum, A. R., & Seru, F. (2022). Penerapan gerak Brown geometrik untuk memprediksi harga saham PT. Astra International Tbk. pada masa pandemi COVID-19. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, 6(2), 93–104.
- Pimpi, L., Muhtar, N., Abapihi, B., & Ningtyas, R. A. (2024). Analisis Volatilitas Saham Sektor Perbankan Menggunakan Metode Garch (Studi Kasus: Bank BUMN Pada Saham LQ45 yang terdaftar di BEI). *Jurnal Matematika Komputasi dan Statistika*, 4(2), 663-674.
- Putra, W. A., & Noviyanti, L. (2023). Pemodelan harga saham dengan metode geometric Brownian motion PT Kalbe Farma Tbk. *Prosiding Seminar Nasional Statistika Aktuaria II*, 2, 107-110
- Rasyidah, S. A., & Maulana, D. A. (2024). Prediksi harga saham PT. Goto Gojek-Tokopedia menggunakan geometric Brownian motion termodifikasi Kalman filter dengan konstrain. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(3), 704–713.
- Samsir, R., Pratiwi, Y. E., Rahmawati, A., & Rochmah, O. (2024). Prediksi imbal hasil dan harga saham menggunakan. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)* 13(6), 831–840.
- Yolanda, B. N., Nainggolan, N., & Komalig, H. A. H. (2017). Penerapan model ARIMA-GARCH untuk memprediksi harga saham Bank BRI. *JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE*, 6(2), 92–96.
- Zili, A. A., Hendri, D., & Kharis, S. A. A. (2022). Peramalan harga saham dengan model hybrid ARIMA-GARCH dan metode walk forward. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 6(2), 341–354.