



PREDIKSI IHSG DENGAN GERAK BROWN GEOMETRIK TERMODIFIKASI KALMAN FILTER DAN JUMP DIFFUSION

Muhamad Hilman Rizaldi¹, Ahmad Farrel As Syahidani², Danang Wahyu Pamungkas³, Royyan Amigo^{4,*}

^{1, 2, 3}Program Studi Ilmu Aktuaria, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

⁴Program Studi Sains Aktuaria, Universitas Darunnajah, Jakarta, Indonesia

*Correspondance author: royyanamigo@darunnajah.ac.id

ABSTRACT

The Indonesia Stock Exchange Composite Index (IHSG) serves as a key indicator of national economic conditions and capital market performance. Its movement is influenced by various factors, such as money supply and corporate performance, which complicates accurate forecasting due to inherent market volatility. The Geometric Brownian Motion (GBM) model is widely used to simulate stock price behavior because of its capacity to represent stochastic fluctuations. However, it assumes constant parameters and cannot capture sudden price jumps, leading to notable prediction errors over longer horizons. To address these limitations, this study improves the GBM model by integrating the Jump Diffusion process to represent abrupt changes and applying the Kalman Filter to adaptively estimate parameters. The predictive performances of standard GBM, GBM with Kalman Filter, and GBM with Jump Diffusion are evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Results from 500 simulation iterations show MAPE values of 1.0711% for GBM, 0.36% for GBM-Kalman Filter, and 0.9136% for GBM-Jump Diffusion. These findings demonstrate that combining the Kalman Filter and Jump Diffusion with the GBM model significantly enhances the accuracy of IHSG forecasts compared to the standard GBM approach.

Keywords: Geometric Brownian Motion, Kalman Filter, Jump Diffusion

ABSTRAK

Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) memiliki peran penting sebagai indikator kondisi ekonomi dan pasar modal di Indonesia. Pergerakan nilai IHSG dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jumlah uang beredar dan kinerja perusahaan di Indonesia. Ketidakstabilan akibat faktor tersebut menjadi tantangan dalam menghasilkan prediksi IHSG yang akurat. Untuk memodelkan pergerakan IHSG yang kompleks, Gerak Brown Geometrik (GBG) sering digunakan karena mampu merepresentasikan fluktuasi harga dengan unsur stokastik. Namun, GBG memiliki keterbatasan dalam menghadapi lonjakan harga mendadak dan memiliki error yang besar pada prediksi jangka panjang akibat parameteranya yang konstan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan GBG dengan pendekatan Jump Diffusion untuk menangkap lompatan harga secara tiba-tiba, serta mengkombinasikan GBG dengan Kalman Filter untuk mengestimasi parameter secara adaptif dan meningkatkan akurasi prediksi. Penelitian ini membandingkan akurasi dari metode GBG, GBG Kalman Filter, dan GBG Jump diffusion menggunakan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Prediksi nilai IHSG menggunakan metode GBG, GBG Kalman Filter, dan GBG Jump Diffusion terbukti sangat akurat, ditunjukkan oleh nilai MAPE yang seluruhnya berada di bawah 10%. Hasil MAPE yang didapat dari setiap metode pada 500 iterasi sebagai berikut: GBG sebesar 1.0711%, GBG Kalman Filter sebesar 0.36%, dan GBG Jump Diffusion sebesar 0.9136 %. Hal ini menunjukkan bahwa metode GBG Kalman Filter dan GBG Jump Diffusion dapat memprediksi pergerakan nilai IHSG yang lebih baik dari GBG.

Kata Kunci: Gerak Brown Geometrik, Kalman Filter, Jump Diffusion

ARTICLE INFO

Submission received: 01 July 2025

Accepted: 31 August 2025

Revised: 01 July 2025

Published: 31 August 2025

Available on: <https://doi.org/10.32493/sm.v7i2.xxxx>

StatMat: Jurnal Statistika dan Matematika is licenced under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



1. PENDAHULUAN

Investasi memegang peranan penting dalam perencanaan keuangan jangka panjang. Investasi tidak hanya berfungsi sebagai cara untuk menambah aset dan pendapatan, tetapi juga sebagai strategi mitigasi risiko keuangan di masa depan. Salah satu bentuk investasi yang banyak diminati adalah saham. Saham merupakan salah satu instrumen investasi yang menarik bagi investor karena memiliki potensi memberikan tingkat pengembalian (*return*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan instrumen investasi lainnya, seperti obligasi dan reksa dana (Devaki, 2017).

Salah satu indikator utama yang digunakan untuk menggambarkan kinerja pasar saham di Indonesia adalah Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). IHSG merupakan angka indeks saham yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai pembanding perubahan harga saham dari waktu ke waktu, sekaligus merepresentasikan informasi historis mengenai harga seluruh saham hingga tanggal tertentu (Khoiri dan Arghawaty, 2020). IHSG mencerminkan pergerakan rata-rata harga seluruh saham yang tercatat di Bursa Efek Indonesia dan menjadi acuan penting bagi para investor dalam melakukan analisis pasar. IHSG memegang peran krusial dalam mencerminkan kondisi ekonomi dan pasar modal secara keseluruhan, sehingga berbagai faktor seperti jumlah uang beredar dapat memengaruhi pergerakannya (Gojali dkk., 2021). Ketidakstabilan ini menciptakan tantangan besar dalam memprediksi pergerakan IHSG secara akurat.

Prediksi dan analisis terhadap IHSG memberikan manfaat bagi investor di pasar saham karena hasilnya dapat dijadikan acuan dalam menjalankan aktivitas perdagangan dan pengambilan keputusan investasi (Susanti dan Adji, 2020). Dengan peramalan yang akurat, investor dapat mengelola risiko dengan lebih baik, menentukan waktu yang tepat untuk membeli atau menjual saham, serta menyusun portofolio investasi yang optimal. Dalam konteks ini, peramalan IHSG tidak hanya menjadi alat bantu teknis, tetapi juga berperan strategis dalam menentukan arah kebijakan investasi, baik jangka pendek maupun jangka panjang.

Prediksi harga saham dapat difokuskan pada harga pembukaan, harga penutupan, maupun harga rata-rata. Di antara ketiganya, harga penutupan memiliki keunggulan karena mencerminkan konsensus akhir pasar pada hari perdagangan. Dibandingkan harga pembukaan, harga penutupan cenderung lebih fluktuatif dan dianggap sebagai valuasi paling akurat, karena menjadi referensi utama bagi harga pembukaan di hari berikutnya (Fahrezi dkk., 2024). Melalui peramalan data harga penutupan (*close price*) IHSG, investor dapat lebih siap dalam menghadapi risiko investasi serta lebih mudah merumuskan strategi investasi untuk masa depan (Rosilawati dkk., 2023).

Untuk memprediksi pergerakan IHSG, diperlukan metode yang mampu menangkap pola IHSG yang kompleks. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam dunia keuangan untuk memodelkan pergerakan harga saham adalah Gerak Brown Geometrik (GBG). Gerak Brown Geometrik merupakan metode yang banyak digunakan dalam analisis pergerakan harga saham karena kemampuannya merepresentasikan fluktiasi harga dengan memasukkan unsur stokastik ke dalam model pergerakan tersebut (Nafi'a dkk., 2024). Namun, model GBG memiliki keterbatasan, terutama dalam kondisi pasar yang tidak efisien atau saat terjadi lonjakan harga secara tiba-tiba (*jump*). Untuk mengatasi kekurangan tersebut diperlukan metode yang bisa mengatasi lonjakan atau penurunan tiba-tiba pada data.

GBG cenderung menghasilkan *error* besar pada prediksi jangka panjang akibat parameternya yang konstan, sehingga dapat ditambahkan metode *filtering* dari Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi (Mustika, 2019). Kalman Filter merupakan algoritma yang



digunakan untuk mengestimasi dan memperbarui kondisi suatu sistem secara efisien, meskipun pengukuran yang digunakan mengandung kesalahan dan ketidakpastian (Hunaifi dan Maulana, 2024). Kalman Filter mampu menyesuaikan parameter deviasi dan volatilitas pada GBG secara adaptif dengan memanfaatkan data historis dan data terkini (Syarifuddin dkk., 2018).

Selain menggunakan Kalman Filter, lonjakan harga pada saham juga dapat diprediksi menggunakan GBG dengan *Jump Diffusion*. GBG dengan *Jump Diffusion* dapat digunakan untuk memprediksi harga saham di masa depan berdasarkan data historis, terutama ketika terjadi lonjakan harga signifikan atau fluktuasi yang tinggi (Ditasari dkk., 2022). GBG dengan *Jump Diffusion* merupakan model turunan dari GBG yang digunakan ketika pergerakan harga saham berlangsung cepat dan terjadi lonjakan atau lompatan harga di masa lalu (Ilyas, 2018).

Pada penelitian terdahulu oleh Hunaifi dan Maulana (2024), prediksi harga emas dengan GBG tanpa Kalman Filter menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 1,6976%, sedangkan dengan Kalman Filter mendapatkan MAPE 0,4165%. Sementara, penelitian oleh Ditasari dkk., (2022) tentang prediksi Harga Saham Liquid Quality 45 dengan GBG *Jump Diffusion* menunjukkan nilai MAPE sangat akurat antara 1-3%. Analisis literatur tentang GBG dengan Kalman Filter dan *Jump Diffusion* menunjukkan metode ini memiliki keunggulan untuk memprediksi harga yang volatil, khususnya untuk IHSG. Maka dari itu, penelitian ini akan memprediksi IHSG dengan metode tersebut dan membandingkan keakuratannya menggunakan MAPE.

2. METODOLOGI

Tujuan dari penelitian yaitu untuk menganalisis perbedaan hasil prediksi harga penutupan IHSG menggunakan metode Gerak Brown Kalman-Filter dengan Gerak Brown dengan *Jump Diffusion*. Seluruh perhitungan dan simulasi dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *R-Studio* untuk memastikan keakuratan dan efisiensi proses analisis data. Data yang digunakan berupa data sekunder yang diambil melalui situs <https://id.investing.com/indices/idx-composite-historical-data>. Data harga penutupan IHSG yang digunakan dimulai dari tanggal 1 Januari 2024 hingga 1 Januari 2025 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Harga Penutupan IHSG Tahun 2024

Tanggal	Harga Penutupan
2 Januari 2024	7.323,59
3 Januari 2024	7.279,09
4 Januari 2024	7.359,76



5 Januari 2024 7.350,62

... ...

... ...

23 Desember 2024 7.096,44

24 Desember 2024 7.065,75

27 Desember 2024 7.036,57

30 Desember 2024 7.079,90

Selanjutnya, untuk tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pembagian data menjadi dua bagian yaitu dari tanggal 2024/01/02 - 2024/10/31 yang disebut sebagai data *in-sample* dan tanggal 2024/11/01 - 2024/12/30 yang disebut sebagai data *out-sample*.
2. Menghitung nilai *return* saham dari data *in-sample* dengan persamaan sebagai berikut (Ruppert dan Matteson, 2015):

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

dengan,

- R_t : nilai *return* saham periode ke-t
- S_{t+1} : harga saham pada periode ke-t+1
- S_t : harga saham pada periode ke-t

3. Melakukan uji normalitas data *in-sample return* saham dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui apakah suatu data memiliki distribusi normal atau tidak (Maulidya dkk., 2020).
4. Menghitung rata-rata *log return* harga saham (\bar{R}) dengan rumus (Muawanah dkk., 2023):

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

dengan,

- \bar{R} : *log return* harga saham
- R_t : nilai *return* saham periode ke-t

5. Menghitung standar deviasi dari *return* saham dengan menggunakan rumus (Muawanah dkk., 2023):



$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - \bar{R})^2} \quad (3)$$

dengan,

s : standar deviasi dari *return* saham

R_t : nilai *return* saham periode ke-t

\bar{R} : nilai *log return* harga saham

6. Menghitung estimasi parameter drift ($\hat{\mu}$) dengan rumus sebagai berikut (Muawanah dkk., 2023):

$$\hat{\mu} = \frac{\bar{R}}{t} + \frac{1}{2}s^2 \quad (4)$$

dengan,

$\hat{\mu}$: drift

\bar{R} : nilai *log return* harga saham

s : standar deviasi dari *return* saham

7. Menghitung volatilitas ($\hat{\sigma}$) dengan rumus sebagai berikut (Muawanah dkk., 2023):

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{t}} \quad (5)$$

dengan,

$\hat{\sigma}$: volatilitas saham

s : standar deviasi dari *return* saham

t : waktu

8. Melakukan pemodelan harga saham menggunakan Gerak Brown Geometri, Gerak Brown Geometri Kalman-Filter dan Gerak Brown Geometri *Jump Diffusion*.

9. Melakukan prediksi harga saham menggunakan Gerak Brown Geometri menggunakan persamaan:

$$X_t = X_{t-1} \exp \left[\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) dt + \sigma \varepsilon \sqrt{dt} \right] \quad (6)$$

dengan,

X_{t-1} : harga saham prediksi pada periode ke-t-1

μ : drift

σ : volatilitas saham

dt : interval waktu

ε : nilai acak berdistribusi normal baku (0,1)

10. Melakukan prediksi harga saham menggunakan Gerak Brown Geometri Kalman-Filter.

Proses estimasi menggunakan Kalman Filter dilakukan melalui dua langkah utama, yaitu tahap prediksi (*time update*), di mana variabel keadaan diperkirakan berdasarkan model dinamik sistem, dan tahap koreksi (*measurement update*), yang digunakan untuk menyesuaikan estimasi berdasarkan data hasil pengukuran (Oktaviana, 2018). Kedua tahap, yaitu prediksi dan koreksi, dilakukan secara berulang (rekursif) dengan tujuan utama untuk menurunkan nilai kovariansi *error* dari estimasi keadaan ($x_k - \bar{x}_k$). Langkah-langkah dalam algoritma Kalman Filter disajikan pada Tabel 2 berikut ini (Oktaviana, 2018).



Tabel 2. Algoritma Kalman Filter

Algoritma	Keterangan
Model Sistem dan Pengukuran	Model Sistem: $x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + Gw_k$
	Model Pengukuran: $z_k = AH + v_k$
	Dengan asumsi: $x_0 \sim N(\bar{x}_0, Px_0)$; $w_k \sim N(0, Q_k)$; $v_k \sim N(0, R_k)$
Inisialisasi	$\hat{x}_0 = \bar{x}_0$; $P_0 = P_{x0}$
Tahap Prediksi (<i>Time Predict</i>)	Estimasi: $\hat{x}_{k+1}^- = \hat{x}_k^- + Bv_k$
	Konvariansi: $P_{k+1}^- = AP_k A^T + G_k Q_k G_k^T$
Tahap Koreksi (<i>Measurement Update</i>)	Kalman Gain : $K_{k+1} = P_{k+1}^- H^T (H_{k+1} P_{k+1}^{-1} H^T + R_{k+1})^{-1}$
	Kovariansi <i>error</i> :
	$P_{k+1} = (I - K_{k+1} H) P_{k+1}^-$
	Estimasi:
	$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1} (z_{k+1} - H\hat{x}_{k+1}^-)$

11. Melakukan prediksi harga saham menggunakan Gerak Brown Geometri dengan *Jump Diffusion* dengan langkah adalah sebagai berikut (Zakiah dkk., 2025).
- Mencari nilai kurtosis dari data saham.



- b. Menentukan jumlah nilai *jump* dengan metode *Peak Over Threshold* (POT) pada data *in-sample return* saham.
 - c. Mencari nilai intensitas *jump* (λ).
 - d. Mencari nilai rata-rata selisih *jump* (β).
 - e. Mencari nilai standar deviasi selisih *jump* (δ).
 - f. Melakukan prediksi harga saham menggunakan Gerak Brown Geometri *Jump Diffusion*.
12. Melakukan validasi model dari data *out-sample* dengan menghitung nilai MAPE menggunakan rumus (Hossain, 2023):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{s_t - X_t}{s_t} \right| \times 100\% \quad (7)$$

dengan,

s_t : harga saham aktual pada periode ke-t

X_t : harga saham prediksi pada periode ke-t

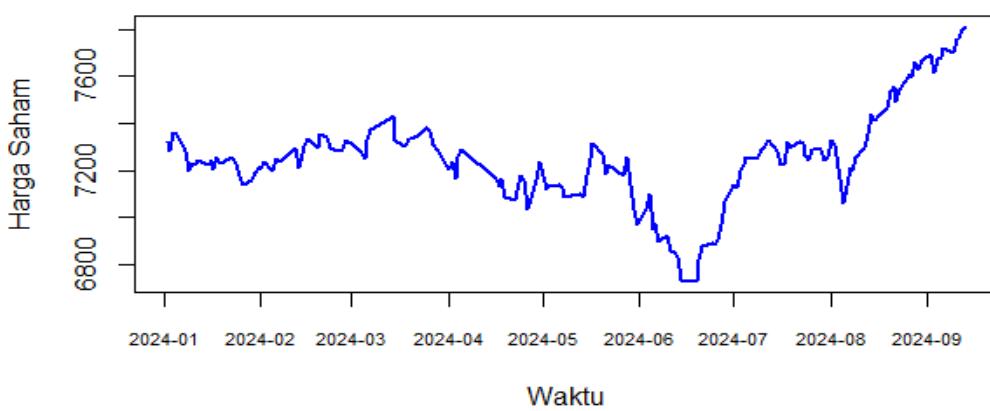
n : banyaknya data harga saham

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut diberikan beberapa hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

3.1 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data harga penutupan (*closing price*) harian IHSG dalam satuan Rupiah yang diperoleh dari situs web <https://id.investing.com/indices/idx-composite-historical-data> untuk periode 1 Januari 2024 sampai 1 Desember 2025. Pada penelitian ini, digunakan data *in-sample* sebanyak 198 sebagai data *training* dan data *out-sample* sebanyak 39 data sebagai data *testing*. Grafik dari data harga penutupan harian IHSG *in-sample* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Data *In-Sample* IHSG

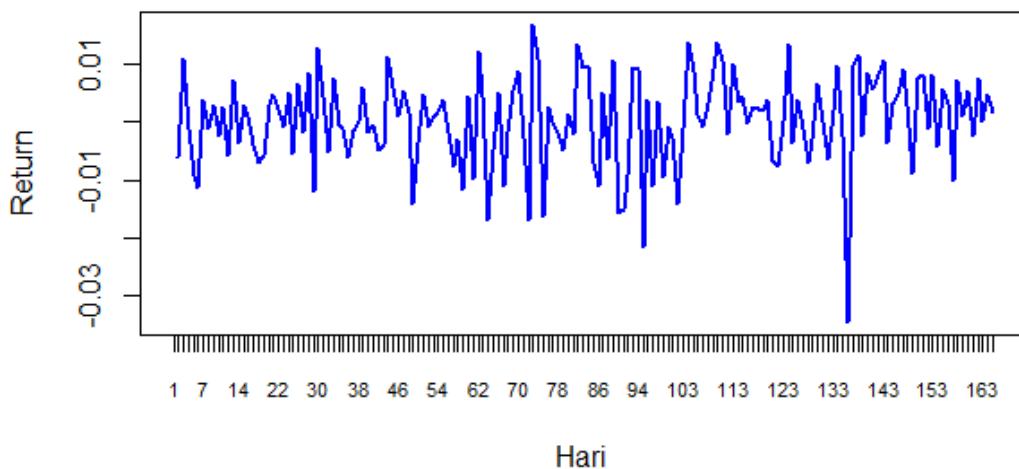
Berdasarkan Gambar 1, harga penutupan harian IHSG mengalami fluktuasi yang cukup signifikan selama periode yang ditampilkan, yaitu dari Januari 2024 hingga sekitar September 2025. Pada awal periode, indeks berada pada kisaran 7.200 poin. Selanjutnya, IHSG menunjukkan pola pergerakan yang bervariasi dengan beberapa fase kenaikan dan



penurunan yang silih berganti. Kenaikan signifikan terlihat terjadi sekitar pertengahan tahun 2024, diikuti oleh fase koreksi pada bulan-bulan berikutnya. Meskipun tidak terdapat tren yang sepenuhnya konsisten, secara umum grafik memperlihatkan dinamika pasar yang aktif, mencerminkan ketidakpastian kondisi ekonomi dan sentimen investor sepanjang periode tersebut.

3.2 Perhitungan Nilai *Return*

Dalam menentukan model Gerak Brown Geometrik terhadap harga penutupan IHSG, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung *return* dari harga penutupan saham berdasarkan data *in-sample* berdasarkan persamaan (1). Nilai *return* yang diperoleh menunjukkan adanya fluktuasi, yang dapat diamati pada gambar berikut.



Gambar 2. Plot Return Data In-Sample IHSG

Berdasarkan Gambar 2, *return* IHSG menunjukkan fluktuasi yang cukup tinggi, mencerminkan volatilitas pasar yang signifikan. Fluktuasi ini menjadi dasar untuk mengestimasi parameter drift ($\hat{\mu}$) dan volatilitas ($\hat{\sigma}$) yang diperlukan dalam model Gerak Brown Geometrik nantinya. Estimasi kedua parameter ini akan digunakan untuk mensimulasikan pergerakan harga saham IHSG pada tahap-tahap selanjutnya.

3.3 Uji Normalitas Data *In-Sample*

Uji normalitas data *in-sample return* dilakukan dengan uji Kolmogorov-Smirnov dan diperoleh $P - value = 0.6054 > \alpha = 5\%$ yang artinya bahwa data *in-sample return* IHSG berdistribusi normal.

3.4 Estimasi Parameter Drift dan Volatilitas

Estimasi parameter drift ($\hat{\mu}$) dan volatilitas ($\hat{\sigma}$) dilakukan menggunakan persamaan (4) dan (5) diperoleh:

$$\hat{\mu} = 0.000171 \text{ dan } \hat{\sigma} = 0.007865$$



Nilai drift sebesar 0.000171 menunjukkan bahwa secara rata-rata *return* harian IHSG mengalami kenaikan yang sangat kecil setiap harinya. Sementara itu, nilai volatilitas sebesar 0.007865 mencerminkan tingkat ketidakpastian atau variasi harga harian IHSG yang relatif moderat. Kedua parameter ini akan digunakan sebagai input dalam simulasi model Gerak Brown Geometrik untuk memproyeksikan pergerakan harga saham di masa depan secara stokastik.

3.5 Prediksi IHSG Menggunakan Gerak Brown Geometrik

Setelah nilai drift dan volatilitas untuk model GBG, GBG dengan Kalman Filter, dan GBG dengan *Jump Diffusion* berhasil dihitung, langkah selanjutnya adalah memprediksi harga saham untuk data *out-sample*. Berdasarkan nilai drift dan volatilitas yang telah diperoleh sehingga didapat model Gerak Brown Geometrik sesuai persamaan (6) sebagai berikut:

$$X_t = X_{t-1} e^{(0.000171 - \frac{1}{2}(0.007865)^2 dt - 0.007865\sqrt{dt})}$$

Setelah diperoleh model Gerak Brown Geometrik, maka langkah selanjutnya adalah melakukan prediksi harga penutupan saham dengan iterasi sebanyak 50, 100 dan 500. Untuk sebagian data prediksi harga menggunakan model Gerak Brown Geometrik dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Prediksi harga menggunakan model Gerak Brown Geometrik

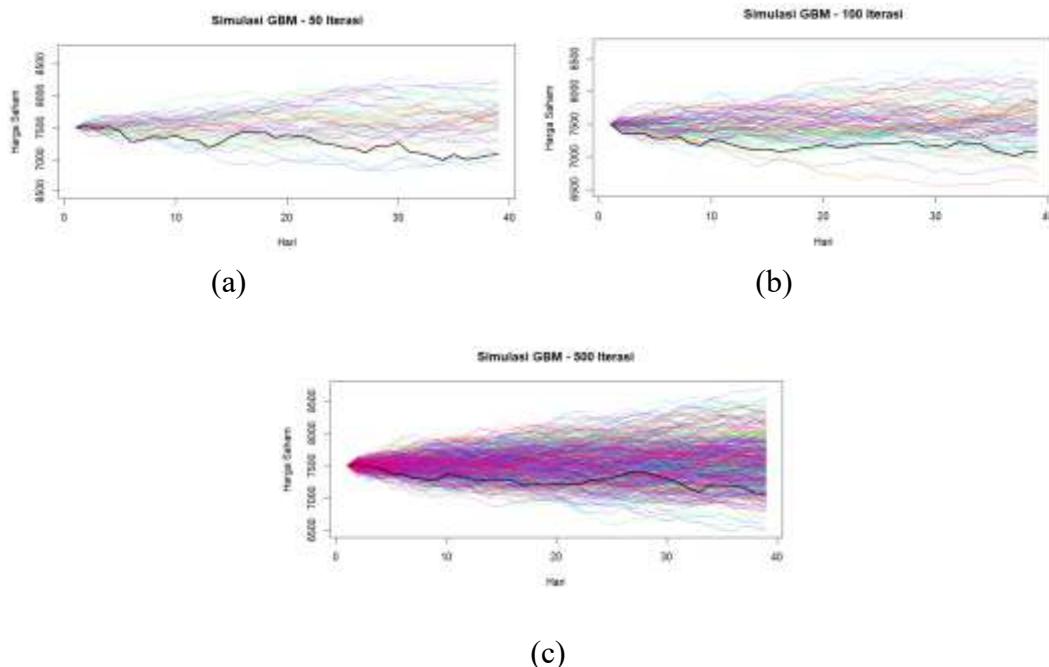
No	Tanggal	Aktual	Prediksi (GBG 50)	Prediksi (GBG 100)	Prediksi (GBG 500)
1	2024-11-01	7505.26	7505.26	7505.26	7505.26
2	2024-11-04	7479.5	7584.46	7407.07	7431.95
3	2024-11-05	7491.93	7480.54	7410.61	7360.79
4	2024-11-06	7383.87	7420.02	7436.63	7361.92
5	2024-11-07	7243.86	7384.90	7358.09	7230.02
...
35	2024-12-20	6983.87	7101.36	7165.10	7166.77
36	2024-12-23	7096.44	7251.77	7064.96	7208.69
37	2024-12-24	7065.75	7227.78	7117.99	7099.31
38	2024-12-27	7036.57	7292.21	7143.15	7177.49
39	2024-12-30	7079.9	7233.48	7051.54	7179.51

Berdasarkan Tabel 3, hasil prediksi harga menggunakan model Gerak Brown Geometrik dengan jumlah iterasi sebanyak 50, 100, dan 500 menunjukkan nilai yang relatif mendekati harga aktual IHSG. Semakin besar jumlah simulasi yang digunakan, hasil prediksi cenderung lebih stabil dan mendekati nilai harga aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model Gerak Brown Geometrik mampu menangkap tren umum dari pergerakan harga IHSG, meskipun



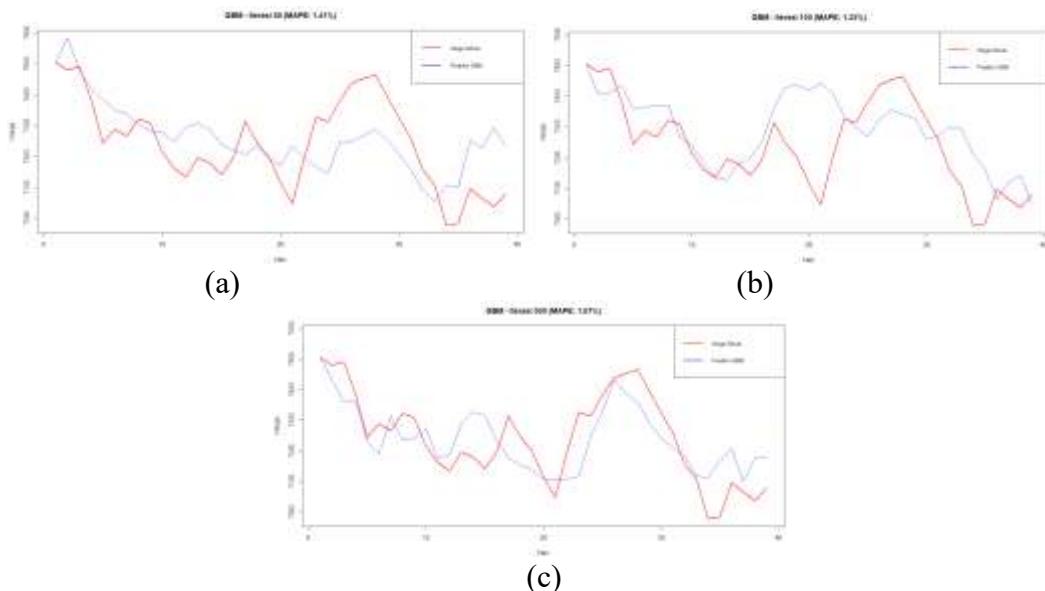
tetap terdapat deviasi akibat fluktuasi pasar yang bersifat acak dan tidak sepenuhnya dapat diprediksi oleh model stokastik.

Selanjutnya, grafik hasil prediksi dengan metode Gerak Brown Geometrik ditunjukkan pada gambar berikut. Prediksi ini dilakukan dengan menggunakan 50, 100, dan 500 iterasi dengan garis hitam menunjukkan prediksi dengan nilai MAPE terendah.



Gambar 3. Prediksi Harga Penutupan Saham Menggunakan Model GBG
 (a) 50 iterasi (b) 100 iterasi (c) 500 iterasi

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil prediksi menggunakan model Gerak Brown Geometrik tersebar secara acak dan menghasilkan lintasan prediksi harga saham yang berbeda satu sama lain. Hal ini disebabkan adanya elemen stokastik berupa variabel acak dengan distribusi normal. Kemudian dari tiga iterasi tersebut dihitung nilai MAPE-nya dengan menggunakan persamaan (7).



Gambar 4. Perbandingan harga aktual dan prediksi menggunakan model GBG
 (a) 50 iterasi (b) 100 iterasi (c) 500 iterasi

Tabel 4. Perbandingan Nilai MAPE pada Iterasi ke-50, 100, dan 500

Jumlah Iterasi	Nilai MAPE
50	1.4057%
100	1.3494%
500	1.0711%

Berdasarkan perolehan nilai MAPE pada Tabel 4, nilai MAPE tertinggi diperoleh dengan iterasi sebanyak 500. Nilai MAPE terbaik berada pada 1.0711%. Hal tersebut menunjukkan model sudah mampu memprediksi harga saham dengan sangat baik.

3.6 Prediksi IHSG Menggunakan *Gerak Brown Geometrik - Kalman Filter*

Pada tahap ini, metode Kalman-Filter diterapkan pada model *Geometric Brownian Motion*. Adapun langkah-langkah penerapannya adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan model *Geometric Brownian Motion* yang dikombinasikan dengan Kalman Filter

Metode Kalman Filter mampu digunakan baik pada sistem linear maupun nonlinear. Karena model *Geometric Brownian Motion* termasuk dalam kategori sistem nonlinear, penyelesaiannya dilakukan dengan menggunakan *Extended Kalman Filter* (EKF). Dalam metode ini, sistem non linear dikonversi ke bentuk linear melalui penggunaan matriks Jacobian. Adapun model *Extended Kalman Filter* adalah sebagai berikut:

$$\text{Model Sistem} \quad : x_{k+1} = f(x_k, u_k, k) + Gw_k$$

149



$$\text{Model Pengukuran} \quad : z_k = h(x_k, k) + v_k$$

Model *Geometric Brownian Motion* akan dibentuk ke dalam kerangka model tersebut.

- Model system

Pada tahap ini, model *Geometric Brownian Motion* akan dibentuk ke dalam model sistem. Langkah awal dimulai dari persamaan berikut:

$$\ln S(t+1) - \ln S(t) = \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dW(t)$$

Selanjutnya, persamaan di atas dikembangkan menjadi bentuk berikut:

$$X(t+1) = X(t) + \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma \epsilon \sqrt{dt}$$

Dalam persamaan di atas, terdapat μ dan σ yang merupakan parameter konstan. Nilai dari parameter konstan tersebut tetap sama pada setiap waktu, sehingga $\mu_{t+1} = \mu_t$ dan $\sigma_{t+1} = \sigma_t$. Sementara itu, variabel yang berubah seiring waktu adalah X , yang merupakan *Logaritma natural (Ln)* dari harga saham. Oleh karena itu, konstruksi model dilakukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{t+1} &= \mu_t \\ \sigma_{t+1} &= \sigma_t \\ X(t+1) &= X(t) + \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma \epsilon \sqrt{dt} \end{aligned}$$

Selanjutnya, model tersebut diubah ke dalam bentuk sistem Kalman Filter sebagai berikut:

$$x_{k+1} = f(x_k) + Bw_k$$

- Pada tahap prediksi, dilakukan perhitungan terhadap kovarian *error* dan estimasi dari model sistem, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} \text{Kovariansi } error & : P_{k+1}^- = AP_k A^T + G_k Q_k G_k^T \\ \text{Estimasi} & : \hat{x}_{k+1}^- = f(\hat{x}_k, u_k) \end{array}$$

Proses untuk memperoleh matriks A dilakukan dengan menghitung matriks Jacobian dari fungsi $f(x_k, k)$. Matriks Jacobian ini diperoleh dengan cara menghitung turunan parsial dari fungsi $f(x_k, k)$ terhadap setiap parameter dan variabel keadaan state yang akan diestimasi.

- Tahap Koreksi

Pada tahap ini, diperoleh nilai Kalman Gain, kovarian *error*, serta estimasi melalui model pengukuran, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} \text{Kalman Gain} & : K_{k+1} = P_{k+1}^- H^T (H_{k+1} P_{k+1}^- H^T + R_{k+1})^{-1} \\ \text{Kovariansi } error & : P_{k+1} = (I - K_{k+1} H) P_{k+1}^- \\ \text{Estimasi} & : \hat{x}_{k+1} = \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1} (z_{k+1} - H \hat{x}_{k+1}^-) \end{array}$$



Tahap ini memberikan koreksi berdasarkan pengukuran z_{k+1} pada waktu $k + 1$, untuk menghasilkan estimasi $\hat{x}_k^- \in R^n$ dan kovarian error P_{k+1} . Nilai estimasi pada tahap koreksi bergantung pada *residual*, yang dilambangkan sebagai \hat{z}_{k+1} , yaitu:

$$\hat{z}_{k+1} = (z_{k+1} - H\hat{x}_{k+1}^-)$$

Kalman Gain berfungsi sebagai koefisien pembobot terhadap *residual*, yang digunakan untuk meminimalkan kovarian error P_k .

2. Melaksanakan simulasi terhadap model *Geometric Brownian Motion* yang dikombinasikan dengan Kalman Filter.

Berikutnya, dilakukan tahap prediksi menggunakan metode GBG Kalman Filter dengan bantuan perangkat lunak *R-Studio*. Setelah proses *running* selesai, diperoleh data hasil prediksi yang kemudian dihitung tingkat keakuratannya menggunakan MAPE. Selain itu, harga saham yang diprediksi dibandingkan dengan harga saham aktual atau data saham *out-sample*. Perbandingan ini disajikan pada Tabel 5.

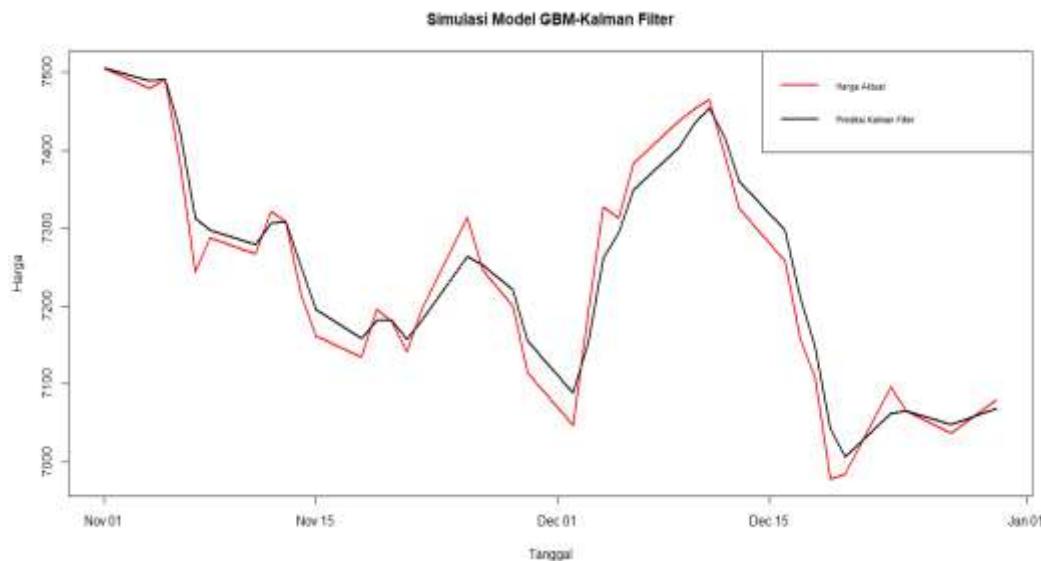
Tabel 5. Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi GBG Kalman Filter

No.	Tanggal	Aktual	Prediksi (GBG KF)
1	2024-11-01	7505.26	7505.26
2	2024-11-04	7479.5	7490.00
3	2024-11-05	7491.93	7491.68
4	2024-11-06	7383.87	7425.35
5	2024-11-07	7243.86	7313.13
...
35	2024-12-20	6983.87	7006.60
36	2024-12-23	7096.44	7062.45
37	2024-12-24	7065.75	7064.95
38	2024-12-27	7036.57	7047.85
39	2024-12-30	7079.9	7068.10

Berdasarkan perbandingan harga pada Tabel 5, analisis menunjukkan bahwa selisih antara harga yang diprediksi dengan harga sebenarnya tidak terlalu besar. Temuan ini



mengindikasikan bahwa model prediksi yang diterapkan mampu menangkap dinamika pergerakan harga saham di pasar dengan tingkat akurasi yang baik.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Harga Aktual dengan GBG Kalman Filter

Gambar 5 di atas menunjukkan grafik hasil dari GBG sesudah penerapan Kalman Filter. Terlihat sudah cukup mendekati data aktual dan menunjukkan hasil yang lebih akurat terhadap data faktual. Selanjutnya, dilakukan simulasi data dan perhitungan tingkat akurasi menggunakan metode MAPE. Adapun hasil perhitungan prediksi dan MAPE sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi GBG Kalman Filter

Nilai MAPE
GBG KF 0.36%

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil estimasi menggunakan GBG KF menghasilkan nilai MAPE 0.36%. Penggunaan Kalman Filter terbukti meningkatkan akurasi estimasi secara signifikan karena berada dalam kategori akurasi yang sangat baik menurut kriteria MAPE, yaitu kurang dari 10%.

3.7 Prediksi IHSG dengan Gerak Brown Geometrik *Jump Diffusion*

Dalam langkah ini, model *Jump Diffusion* diterapkan pada metode Gerak Brown Geometrik dengan tahapan berikut:

1. Uji Kurtosis

Uji kurtosis untuk data *return* saham dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *R-Studio*. Hasil pengujian menunjukkan nilai kurtosis adalah sebesar 4.49793. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data *return* memiliki *jump* yang cukup signifikan karena nilai melebihi 3.

2. Perhitungan Peak Over Threshold



Perhitungan POT diawali dengan melakukan pengurutan nilai *return* saham dari terkecil hingga terbesar. Setelah itu dapat dilakukan pencarian nilai *j*. Hasilnya menunjukkan nilai *j* sebesar 20, artinya data *return* memiliki 20 *jump* pada data dengan *return* tertinggi dan terendah. Kemudian mencari nilai kuantil *threshold* 10% dan 90% dari data *return* saham. Untuk nilai kuantil *threshold* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kuantil Threshold

Kuantil	Nilai
Batas bawah <i>threshold</i> 10%	-0.0096
Batas atas <i>threshold</i> 90%	0.0097

Dengan diketahui nilai kuantil *threshold* dapat diartikan ada 20 *return* saham yang memiliki nilai dibawah -0.0096 dan 20 *return* saham yang memiliki nilai diatas 0.0097. Nilai-nilai tersebut yang akan dijadikan sebagai nilai *return jump*.

3. Estimasi Parameter *Jump Diffusion*

Estimasi parameter *Jump Diffusion* dilakukan dengan mencari parameter nilai intensitas *jump*, rata-rata selisih *jump*, dan standar deviasi selisih *jump*. Nilai selisih *jump* dihitung dari selisih nilai *jump return* pada p dengan nilai *jump return* pada p-1. Hasil dari perhitungan estimasi parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Parameter *Jump Diffusion*

Parameter	Nilai
Intensitas <i>jump</i> (λ)	-0.0017
Rata-rata selisih <i>jump</i> (β)	0.001
Standar deviasi selisih <i>jump</i> (δ)	0.004

4. Model Gerak Brown Geometri Harga Saham

Berdasarkan nilai parameter $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \lambda, \beta, \delta$ yang telah dihitung sebelumnya, maka diperoleh model harga saham dengan *Jump Diffusion* sebagai berikut:

$$X_t = X_{t-1} \exp \left[\left(0.000171 - (-0.0017) - \frac{0.007865^2}{2} \right) + 0.007865 Z_{t-1} + N_t \right]$$

dengan bilangan acak baku Z_{t-1} memiliki parameter 0 dan 1 dan bilangan acak normal N_t memiliki parameter dari nilai β sebesar 0.001 dan nilai δ sebesar 0.004.

5. Prediksi Harga Saham

Setelah memperoleh nilai parameter estimasi dan model Gerak Brown Geometri dengan *Jump Diffusion*, langkah selanjutnya adalah memprediksi harga saham. Prediksi dilakukan dengan iterasi sebanyak 500 kali untuk menghasilkan lintasan harga yang

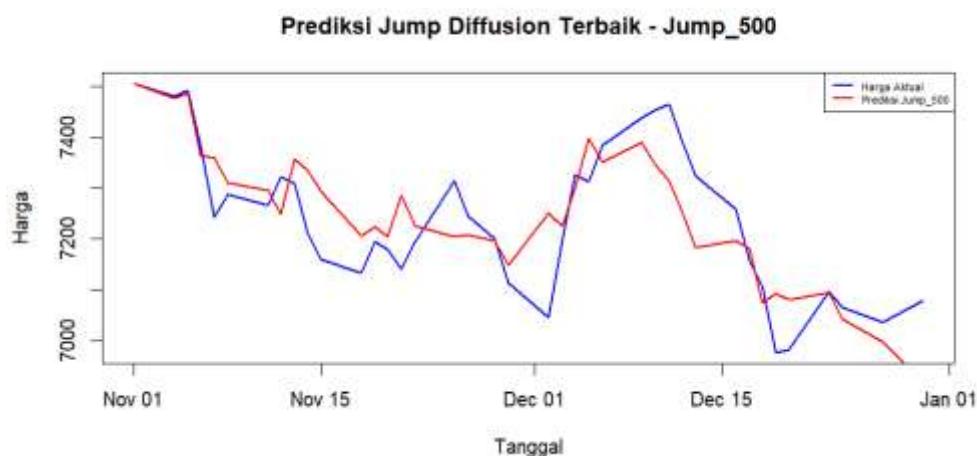


digunakan dalam meramalkan harga saham serta perubahannya selama 39 periode ke depan, dimulai dari 1 November 2024 hingga 30 Desember 2024. Selain itu, harga saham yang diprediksi dibandingkan dengan harga saham aktual atau data saham *out-sample*. Perbandingan ini disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi GBG *Jump Diffusion*

No.	Tanggal	Aktual	Prediksi (<i>Jump Diffusion</i>)
1	2024-11-01	7505.26	7505.26
2	2024-11-04	7479.5	7475.78
3	2024-11-05	7491.93	7485.14
4	2024-11-06	7383.87	7364.34
5	2024-11-07	7243.86	7357.75
...
35	2024-12-20	6983.87	7081.83
36	2024-12-23	7096.44	7094.07
37	2024-12-24	7065.75	7042.22
38	2024-12-27	7036.57	6998.86
39	2024-12-30	7079.9	6920.64

Melalui perbandingan antara hasil prediksi dan harga saham *out-sample* atau data aktual, diperoleh hasil analisis bahwa perbedaan antara harga saham yang diprediksi dan harga saham aktual tidak signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa model prediksi yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam merepresentasikan dinamika pergerakan harga saham di pasar.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Harga Aktual Saham IHSG dengan Harga Prediksi GBG dengan *Jump Diffusion*



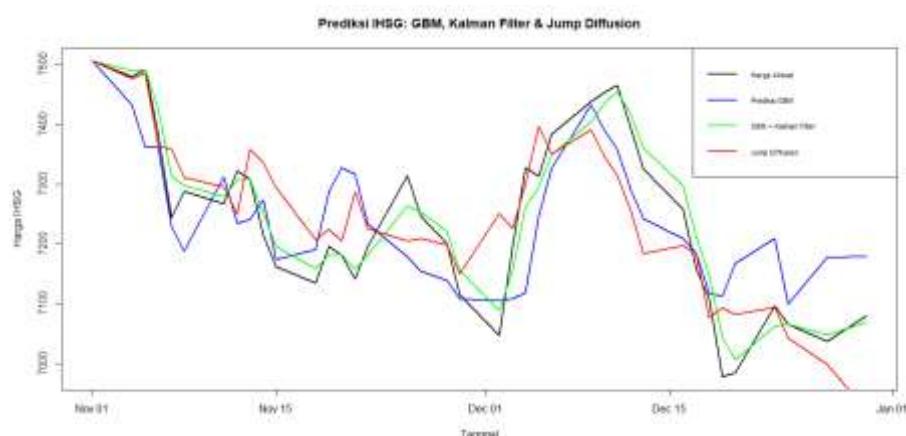
Gambar 6 membandingkan grafik harga aktual dengan hasil prediksi dari GBG dengan *Jump Diffusion*. Hasilnya menunjukkan lintasan grafik GBG dengan *Jump Diffusion* mendekati lintasan grafik harga asli saham IHSG.

6. Perhitungan Nilai MAPE

Perhitungan nilai MAPE dengan persamaan (7) menghasilkan nilai MAPE terkecil sebesar 0.9136%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi nilai MAPE menggunakan model GBG dengan *Jump Diffusion* dikategorikan sangat baik karena nilai MAPE berada di bawah 10%, yang merupakan ambang umum dalam analisis prediksi; nilai MAPE di bawah 10% menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan estimasi yang relatif kecil, sehingga dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan investasi.

3.8 Perbandingan Prediksi IHSG Menggunakan GBG, GBG Kalman Filter, dan GBG *Jump Diffusion*

Berikut adalah grafik hasil prediksi IHSG menggunakan metode GBG, GBG dengan Kalman Filter, dan GBG dengan *Jump Diffusion*.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Prediksi IHSG Menggunakan GBG, GBG Kalman Filter, dan GBG *Jump Diffusion*

Dari grafik pada Gambar 7, terlihat bahwa prediksi harga saham dengan metode GBG Kalman Filter dan GBG *Jump Diffusion* lebih akurat dan lebih mendekati data aktual dibandingkan metode GBG. Hal ini sejalan dengan nilai MAPE yang telah diperoleh untuk masing-masing metode.

4. KESIMPULAN

Hasil prediksi nilai IHSG dengan metode GBG, GBG Kalman Filter, dan GBG *Jump diffusion* menunjukkan hasil yang sangat akurat karena mendapatkan nilai MAPE kurang dari 10%. Hal ini menunjukkan prediksi dengan metode GBG dapat merepresentasikan fluktuasi harga IHSG yang baik dengan memasukkan unsur stokastik ke dalam model pergerakan tersebut. Hasil MAPE yang didapat dari setiap metode pada 500 iterasi sebagai berikut: GBG sebesar 1.0711%, GBG Kalman Filter sebesar 0.36%, dan GBG *Jump Diffusion* sebesar 0.9136%. Berdasarkan hasil MAPE tersebut, pengembangan GBG dengan Kalman Filter dan *Jump Diffusion* lebih baik dalam memprediksi nilai IHSG karena model dapat memahami pola IHSG yang kompleks. Akan tetapi, pada penelitian ini prediksi hanya



dilakukan pada nilai IHSG. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan prediksi pada metode GBG, GBG Kalman Filter, dan GBG *Jump Diffusion* dengan model prediksi multidimensi untuk memperoleh nilai portofolio investasi dengan prediksi beberapa harga saham yang didiversifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Devaki A. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Return Saham pada Perusahaan LQ45 di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Benefita*. 2017;2(2):167–78.
- Ditasari P, Rohaeti E, Kamila I. Aplikasi Geometric Brownian Motion dengan Jump Diffusion dalam Memprediksi Harga Saham Liquid Quality 45. *EULER: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*. 2022;10(1):111–9.
- Gojali DI, Juniawati EH, Pratiwi LN. Pengaruh Jub Arti Sempit (M1), BI rate, Inflasi, dan Kurs terhadap IHSG di Bursa Efek Indonesia. *Indonesian Journal of Economics and Management*. 2021;1(3):561–77.
- Hossain E. *Machine learning crash course for engineers*. 1st ed. Springer Cham; 2024.
- Hunaifi MA, Maulana DA. Penerapan Geometric Brownian Motion Termodifikasi Kalman Filter (GBM-KF) untuk Memprediksi Harga Emas. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*. 2024;12(3):714–25.
- Ilyas IA, Puspita E, Rachmatin D. Prediksi Harga Saham Menggunakan Model Jump Diffusion. *EurekaMatika*. 2018;6(1):33–42.
- Khoiril HA, Arghawaty E. Menganalisis Nilai IHSG Beserta Faktor-faktor yang Mempengaruhi di Era Pandemik Covid-19. *Jurnal Riset Akuntansi dan Keuangan Dewantara (JAD)*. 2020;3(2):110–9.
- Muawanah R, Resmi F, Daniswara KA. Penentuan Nilai Opsi Asia pada Komoditas Bawang Merah dengan Menggunakan Metode Monte Carlo. *Math Vision*. 2023;5(2):70–4.
- Mustika TN. *Prediksi Harga Saham dengan Geometric Brownian Motion dan ARIMA – termodifikasi Kalman Filter* [Tesis sarjana]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2019.
- Nafi'a ZI, Nuraliya AY, Mukti GA, Trenggono IR. Peramalan Harga Saham ADRO dengan Geometric Brownian Motion. *PERWIRA: Jurnal Pendidikan Kewirausahaan Indonesia*. 2024;7(2).
- Oktaviana YV. *Perbandingan antara Kalman Filter dan Fraksional Kalman Filter untuk Estimasi Konsentrasi Polutan pada Masalah Polusi Udara* [Disertasi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2018.
- Rosilawati ED, Tarno, Wuryandari T. Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menggunakan model intervensi fungsi pulse. *Jurnal Gaussian*. 2023;12(3):382–91.
- Ruppert D, Matteson DS. *Statistics and Data Analysis for Financial Engineering: with R Examples*. 2nd ed. Springer; 2015.
- Susanti R, Adji AR. Analisis peramalan IHSG dengan Time Series Modeling ARIMA (Analysis of Indonesia Composite Index (IHSG) forecasting with ARIMA time series modeling). *Jurnal Manajemen Kewirausahaan*. 2020;17(1):1–10.
- Syarifudin ANA, Merdekawati DA, Apriliani E. Perbandingan Metode Kalman Filter, Extended Kalman filter, dan Ensemble Kalman Filter pada Model Penyebaran Virus HIV/AIDS. *Limits: Jurnal Matematika dan Terapannya*. 2018;15(1):17–29.



Zakiah A, Sulistianingsih E, Satyahadewi N. Geometric Brownian Motion with Jump Diffusion and Value at Risk Analysis of PT Bank Negara Indonesia Stocks. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. 2025;19(1):617–28.