
Model Gerak Brown Fraksional Geometrik dalam Peramalan Harga Saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk Menggunakan Pemrograman Python

Nurhadini Putri, Firdaniza Firdaniza, Nurul Gusriani

Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran

Email: nurhadini19001@mail.unpad.ac.id; firdaniza@unpad.ac.id; nurul.gusriani@unpad.ac.id

Diterima:
8 Februari 2024

Diterima Setelah Revisi:
23 Februari 2024

Dipublikasikan:
29 Februari 2024

Abstrak

Peramalan harga saham yang tepat diperlukan oleh para investor. Beberapa metode dapat dilakukan dalam peramalan harga saham, seperti model *trend*, *Autoregressive Integrated Moving Average*, *Double Moving Average*, dan *Exponential Smoothing*. Selain itu, terdapat pula model yang lebih kompleks, seperti model Gerak Brown Geometrik (GBG) dan model Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG). Model GBG dan GBFG memiliki beberapa keunggulan, diantaranya dapat meramalkan harga saham dengan periode waktu pendek, kesesuaian model dengan pergerakan harga saham yang selalu bernilai positif dan tidak memerlukan banyak pengujian data. Selain itu, model GBFG juga dapat mengatasi masalah data aktual saham yang sebagian besar tidak saling bebas. Penelitian ini bertujuan melakukan peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) menggunakan model Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG). Indeks Hurst pada model GBFG diestimasi menggunakan *Rescaled Range* (R/S) dengan bantuan pemrograman Python. Hasil dari peramalan pergerakan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) menggunakan model GBFG memberikan nilai yang sangat akurat berdasarkan nilai MAPE yaitu sebesar 5.57%.

Kata Kunci: Gerak Brown Fraksional Geometrik, *Python*, *Rescale Range*, Saham.

Abstract

Accurate stock price forecasting is needed by investors. Several methods can be used to forecast stock prices, such as trend models, Autoregressive Integrated Moving Average, Double Moving Average, and Exponential Smoothing. Apart from that, there are also more complex models, such as the Geometric Brownian Motion (GBM) model and the Geometric Fractional Brownian Motion (GFBM) model. The GBM and GFBM models have several advantages, including being able to predict stock prices over short time periods, the suitability of the model to stock price movements which are always positive and do not require a lot of data testing. Moreover, GFBM model can also overcome the problem of actual stock data, most of which are not independent of each other. This research aims to forecast the stock price of PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) using the Geometric Fractional Brownian Motion (GFBM) model. The Hurst index in the GFBM model is estimated using Rescaled Range (R/S) with the help of Python programming. The results of forecasting the share price movement of PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) using the GFBM model provide very accurate values based on the MAPE value.

Keywords: *Geometric Fractional Brownian Motion, Python, Rescale Range, Stock.*

1 PENDAHULUAN

Harga saham dipengaruhi oleh berbagai macam informasi. Informasi tersebut dapat berupa keadaan internal perusahaan maupun keadaan ekonomi global. Setiap investor yang melakukan perdagangan saham pada pasar modal akan bereaksi terhadap harga saham dari informasi tersebut sehingga harga saham bergerak secara acak (Yunita *et al.*, 2015). Peramalan harga saham yang tepat diperlukan oleh para investor. Beberapa metode telah dikembangkan dalam meramalkan harga saham, seperti model *trend* (Ashyrofi & Panday, 2021), *Autoregressive Integrated Moving Average* (Irawan, 2019; Riyono & Pujiastuti, 2020), *Double Moving Average* (Dinanti, 2023) dan *Exponential Smoothing* (Jonnius, 2017). Selain itu, terdapat pula model yang lebih kompleks, seperti model Gerak Brown Geometrik (Matsaany, 2022; Putri & Hasibuan, 2020) dan model Gerak Brown Fraksional Geometrik (Feng, 2018). Model Gerak Brown Geometrik (GBG) dan Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG) memiliki beberapa keunggulan, diantaranya dapat meramalkan harga saham dengan periode waktu pendek, kesesuaian model dengan pergerakan harga saham yang selalu bernilai positif dan tidak memerlukan banyak pengujian data.

Gerak Brown Geometrik (GBG) adalah proses stokastik yang mengasumsikan data berdistribusi normal, stasioner, dan independen (Murwaningtyas *et al.*, 2016). Akan tetapi, menurut Murwaningtyas *et al.* (2016), asumsi model GBG tidak sesuai dengan data aktual saham yang sebagian besar tidak saling bebas. Model yang dapat mengatasi hal ini adalah Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG). Perbedaan antara model GBG dan GBFG adalah model GBFG memerlukan adanya estimasi nilai indeks Hurst. Feng (2018) menggunakan model GBFG untuk peramalan pasar keuangan China menggunakan perprograman Matlab. Sedangkan Ibrahim *et al.* (2021) serta Muda dan Ibrahim (2023) melakukan perbandingan antara model GBG dengan GBFG tanpa mencantumkan alat bantu yang digunakan.

Kebaruan pada *paper* ini yaitu dilakukan peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) menggunakan model GBFG. Indeks Hurst pada model GBFG diestimasi menggunakan *rescaled range* (R/S) dengan bantuan pemrograman *Python*.

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Return

Perhitungan *return* dapat menggunakan *continuously compound series* atau *log returns* (Tsay, 2010):

$$r_t = \ln \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} \right) \quad (1)$$

dengan

- r_t : *return* aktual saham pada waktu t
- p_t : harga penutupan saham pada waktu t
- p_{t-1} : harga penutupan saham pada waktu $t - 1$.

2.2 Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG)

Gerak Brown Fraksional (GBF) merupakan proses stokastik yang tidak harus memiliki kenaikan yang saling bebas seperti halnya pada gerak Brown (Feng, 2018). Pada model GBFG perlu untuk mengestimasi nilai indeks Hurst dan menghitung Gerak Brown Fraksional (GBF). Merujuk pada Feng (2018), nilai indeks Hurst pada GBFG dapat diestimasi menggunakan metode *Rescale Range* (R/S). Metode ini pada intinya adalah menghitung deret jangkaun dan deret standar deviasi. Langkah-langkah metode R/S adalah sebagai berikut.

Pertama, hitung deret deviasi kumulatif:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n \left(r_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \right), \quad n = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Kemudian hitung deret jangkauan:

$$R_n = \max(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) - \min(Y_1, Y_2, \dots, Y_n), \quad (3)$$

dan hitung deret standar deviasi:

$$S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(r_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \right)^2}. \quad (4)$$

Dalam Guo-ping & Yi-rong (2006), dikatakan terdapat suatu relasi:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n^{-H} E \left[\frac{R_n}{S_n} \right] = C, \quad (5)$$

dengan C adalah konstanta. Persamaan (5) dapat ditulis menjadi

$$E \left[\frac{R_n}{S_n} \right] \approx C n^H, \quad (6)$$

atau dapat dibentuk menjadi persamaan regresi linear sederhana

$$\ln \left(\frac{R_n}{S_n} \right) = \ln C + H \ln(n), \quad n = 1, 2, \dots, (N-1). \quad (7)$$

Koefisien regresi (H) dapat diestimasi menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS):

$$H = \frac{(N-1) \sum_{n=1}^{N-1} \ln \left(\frac{R_n}{S_n} \right) \ln(n) - \sum_{n=1}^{N-1} \ln(n) \sum_{n=1}^{N-1} \ln \left(\frac{R_n}{S_n} \right)}{(N-1) \sum_{n=1}^{N-1} (\ln(n))^2 - \left(\sum_{n=1}^{N-1} \ln(n) \right)^2}. \quad (8)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung Gerak Brown Fraksional (GBF). Menurut Dieker (2004), GBF adalah jumlah dari *Fractional Gaussian Noise* (FGN) yang dinotasikan dengan $X_H(t), t = 0, 1, \dots, N$. Dengan demikian, GBF ($B_H(t)$) dinyatakan pada persamaan

$$B_H(t) = \sum_{t=1}^N X_H(t), \quad t = 1, 2, 3, \dots, N. \quad (9)$$

Salah satu metode dalam menghitung FGN adalah dekomposisi Cholesky. Mengacu pada Feng (2018), langkah-langkah dalam dekomposisi Cholesky yaitu:

1. Bentuk matriks kovarians \mathbf{K} berukuran $n \times n$

$$\mathbf{K} = \begin{pmatrix} a_0 & a_1 & \dots & a_{n-2} & a_{n-1} \\ a_1 & a_0 & \dots & a_{n-3} & a_{n-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n-2} & a_{n-3} & \dots & a_0 & a_1 \\ a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & a_1 & a_0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

dengan $a_m = \frac{1}{2} (|m-1|^{2H} - 2m^{2H} + |m+1|^{2H})$.

2. Dekomposisi matriks kovarians \mathbf{K} menggunakan persamaan matriks

$$\mathbf{K} = \mathbf{L}\mathbf{L}^T. \quad (11)$$

3. FGN $\mathbf{X} = \{X_H(t), t \geq 0\}$ didapatkan menggunakan persamaan

$$\mathbf{X} = \mathbf{L}\mathbf{V} \quad (12)$$

dengan $\mathbf{V} \sim N(0,1)$ yang elemennya hasil membangkitkan.

Ketika indeks Hurst telah diestimasi, parameter pada GBFG berupa *drift* (μ) dan volatilitas (σ) juga perlu diestimasi. Nilai volatilitas (σ) dapat diestimasi menggunakan persamaan

$$\sigma = \frac{s_r}{\sqrt{|\Delta t|^{2H}}} \quad (13)$$

dengan $\Delta t = t_2 - t_1 = \dots = t_n - t_{n-1}$ dan s_r adalah standar deviasi dari nilai *return*. Nilai *drift* (μ) dapat diestimasi menggunakan persamaan

$$\mu = \frac{\bar{r}}{\Delta t} + \frac{\sigma^2}{2}, \quad (14)$$

dengan \bar{r} adalah rata-rata dari nilai *return*.

Proses stokastik pada waktu ($S(t)$), GBF pada waktu t ($B_H(t)$), *drift* (μ), dan volatilitas (σ) membentuk persamaan diferensial stokastik

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dB_H(t) \quad (15)$$

Mengacu pada Muda & Ibrahim (2023), persamaan diferensial stokastik dapat dibentuk ke dalam proses stokastik yang dinamakan Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG)

$$S(t) = S(0) e^{\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t + \sigma B_H(t)} \quad (16)$$

dengan $S(0)$ adalah proses stokastik pada waktu 0.

3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada *paper* ini adalah studi literatur dengan mempelajari model Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG) dengan estimasi indeks Hurst menggunakan *Rescale Range* (R/S) dan studi eksperimen dengan membangun program *python* untuk menentukan estimasi indeks Hurst menggunakan *Rescale Range* (R/S) dan model Gerak Brown Fraksional Geometrik (GBFG) sebelum melakukan peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) untuk 3 hari ke depan.

3.1 Estimasi Indeks Hurst Menggunakan *Rescale Range* (R/S)

Berdasarkan penjelasan pada subbagian 2.2, proses estimasi indeks Hurst menggunakan *Rescale Range* (R/S) dalam pemrograman *Python* digunakan *syntax* sebagai berikut:

1. Proses membaca data harga saham

```
data = pd.read_excel("D:\\data indf.xlsx")
p = data.iloc[0:238, 1] #mengambil data harga penutupan saham
r = data.iloc[0:238, 2] #mengambil data return
N = r.size
```

2. Deklarasi variabel untuk estimasi indeks Hurst

```
tempr = []
Y = []
RSn = []
lnRS = []
lnn = []
```

3. Proses pengulangan untuk mendapatkan $\frac{R_n}{S_n}$

```
for i in range(1, N+1):
    tempr = r[0:i]
    M = tempr - np.mean(tempr)
    Y = np.cumsum(M)
    R = max(Y) - min(Y)
    S = np.std(tempr, ddof=1)
    RSn.append(R/S)
```

4. Proses pengulangan untuk mendapatkan $\ln\left(\frac{R_n}{S_n}\right)$ dan $\ln(n)$

```
for i in range(1, r.size):
    lnRS.append(math.log(RSn[i]))
    lnn.append(math.log(i+1))
```

5. Estimasi menggunakan regresi linear sederhana melalui fungsi *polyfit*

```
H, lnC = np.polyfit(lnn, lnRS, 1)
print('y = ' + '{:.3f}'.format(lnC) + ' + {:.3f}'.format(H) + 'x')
```

3.2 Menghitung Fractional Gaussian Noise (FGN)

Setelah mendapatkan hasil estimasi nilai indeks Hurst, dapat dihitung FGN dengan proses sebagai berikut:

1. Deklarasi variabel untuk perhitungan FGN

```
L = np.zeros((N,N))
X = np.zeros(N)
V = np.random.standard_normal(size=N)
```

2. Dibuat fungsi untuk mendapatkan matriks K

```
K = lambda m,H: 0.5*(np.abs(m-1)**(2*H) - 2*np.abs(m)**(2*H) + np.abs(m+1)**(2*H))
```

3. Inisiasi matriks L dan X

```
L[0,0] = 1.0
X[0] = V[0]
L[1,0] = K(1,H)
L[1,1] = np.sqrt(1 - (L[1,0]**2))
X[1] = np.sum(L[1,0:2] @ V[0:2])
```

4. Proses dalam membentuk matriks L dan X

```
for i in range(2,N):
    L[i,0] = K(i,H)
    for j in range(1, i):
        L[i,j] = (1/L[j,j])*(K(i-j,H) - (L[i,0:j] @ L[j,0:j]))
    L[i,i] = np.sqrt(1 - np.sum((L[i,0:i]**2)))
    X[i] = L[i,0:i+1] @ V[0:i+1]
```

3.3 Menghitung Nilai Peramalan Harga Saham Menggunakan Model GBFG

Setelah diperoleh nilai FGN, langkah selanjutnya adalah menghitung GBF dan menghitung peramalan harga saham dengan *syntax* berikut:

1. Menghitung GBF

```
gbf = np.cumsum(X)
```

2. Inisiasi variabel hasil peramalan

```
S[0] = p[0]
```

3. Mengestimasi nilai drift dan volatilitas

```
sigma = np.std(r, ddof=1)
mu = np.mean(r) + ((sigma**2)/2)
```

4. Menghitung peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) dengan model GBFG

```
S = np.zeros(N)
for t in range(1, N):
    S[t] = (S0*np.exp(mu*t - sigma*sigma*t/2 + sigma*gbf[t]))
```

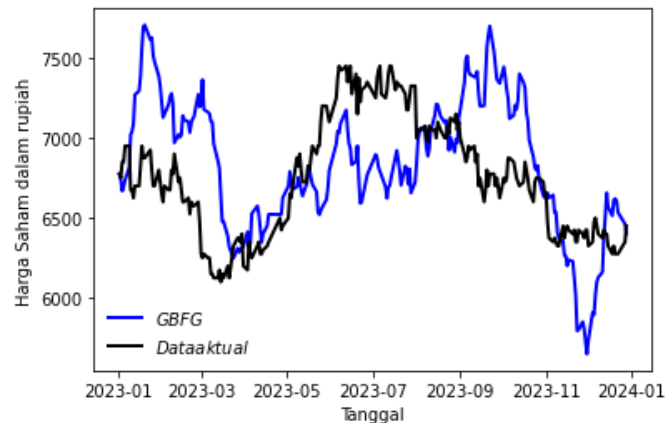
Selanjutnya untuk mengukur keakuratan metode GBFG dalam meramalkan harga saham digunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan adalah harga penutupan saham dari PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) selama periode 1 Januari 2023 – 31 Desember 2023 dan diperoleh melalui situs <https://finance.yahoo.com>. Dari data harga penutupan saham dari PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF), dihitung *return* menggunakan persamaan (1) dan diasumsikan *return* berdistribusi normal.

4.1 Hasil Peramalan Harga Saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk Menggunakan GBFG

Hasil estimasi parameter model GBFG dengan metode *Rescale Range* berdasarkan persamaan (8), (13) dan (14) yaitu H sebesar 0.6652, σ sebesar 0.01235 dan μ sebesar -0.00013. Hasil dari peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) menggunakan model GBFG dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil peramalan dengan data aktual harga saham INDF

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa pergerakan hasil peramalan harga saham mendekati data aktual. Berdasarkan hasil perhitungan MAPE, tingkat akurasi dari hasil peramalan menggunakan model GBFG adalah sangat akurat dengan nilai 5.57%. Hal ini menandakan bahwa model GBFG dengan estimasi indeks Hurst menggunakan R/S menjadi model yang tepat untuk meramalkan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF).

4.2 Peramalan Harga Saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk Tiga Hari ke Depan

Peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) model GBFG dengan estimasi indeks Hurst menggunakan R/S selama tiga hari ke depan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil peramalan harga saham INDF

Tanggal	Hasil peramalan harga saham (dalam rupiah)
2/1/2024	6485.59
3/1/2024	6629.07
4/1/2024	6638.11

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) untuk tiga hari ke depan mengalami kenaikan.

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) menggunakan model GBFG dengan estimasi indeks Hurst yaitu *Rescale Range* (R/S) memberikan nilai yang sangat akurat yaitu sebesar 5.57% berdasarkan nilai MAPE dengan bantuan pemrograman *Python*. Selain itu, hasil peramalan harga saham PT Indofood Sukses Makmur Tbk (INDF) untuk tiga hari ke depan berdasarkan model GBFG ini mengalami kenaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashyrofi, F. M., & Panday, R. (2021). Peramalan Harga Saham PT. Aneka Tambang Tbk Menggunakan Trend Model. *Journal Of Time Series Analysis*.
- Dieker, T. (2004). *Simulation of fractional Brownian motion* (Tesis, University of Twente).
- Dinanti, D. (2023). Analisis Perbandingan Metode Double Moving Average dengan DoubleExponential Smoothing pada Peramalan Harga Saham Perbankan. *FARABI Jurnal*

- Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 105–112.
- Feng, Z. (2018). *Degree project Stock-Price Modeling by the Geometric Fractional Brownian Motion A View towards the Chinese Financial Market*.
- Guo-ping, B., & Yi-rong, Y. (2006). Dalam *2006 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics* (pp. 51-56). IEEE. <https://doi.org/10.1109/soli.2006.328981>
- Ibrahim, S. N. I., Misiran, M., & Laham, M. F. (2021). Geometric fractional Brownian motion model for commodity market simulation. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 955–962. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.023>
- Irawan, W. (2019). Peramalan Harga Saham PT.Unilever Tbk dengan Menggunakan Metode ARIMA. *Jurnal Matematika UNAND*, 4(3), 80. <https://doi.org/10.25077/jmu.4.3.80-89.2015>
- Jonnius. (2017). Peramalan Indeks Harga Saham dengan Pendekatan Exponential Smoothing Model. *Jurnal penelitian sosial keagamaan*, 19(2), 199–219.
- Matsaany, B. (2022). Peramalan Saham Syariah Model Geometric Brownian Motion (Sharia Stock Forecasting using Geometric Brownian Model). *Perwira Journal of Science & Engineering*, 02(01), 1–6.
- Muda, N. Z., & Ibrahim, S. N. I. (2023). Comparison of GBM, GFBM and MJD Models in Malaysian Rubber Prices Forecasting. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 19(1), 73–81. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v19N1.2763>
- Murwaningtyas, C. E., Haryatmi, S., Gunardi, & Suryawan, H. P. (2016). Representasi integral stokastik untuk gerak brown fraksional. Dalam *Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika, November* (pp. 1025–1034).
- Putri, D. M., & Hasibuan, L. H. (2020). Penerapan Gerak Brown Geometrik Pada Data Saham Pt. Antm. *MAp (Mathematics and Applications) Journal*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.15548/map.v2i2.2258>
- Riyono, J., & Pujiastuti, C. E. (2020). PREDIKSI HARGA SAHAM HARIAN CLOSING PRICE PT. BNI Tbk. DENGAN MODEL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE. *KOCENIN Serial Konferensi*. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106676>
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series Third Edition* (3 ed.). John Wiley and Sons.
- Yunita, R., Dharmawan, K., & Ida Harini, L. P. (2015). Menentukan Portofolio Optimal Pada Pasar Saham Yang Bergerak Dengan Model Gerak Brown Geometri Multidimensi. *E-Jurnal Matematika*, 4(3), 127–134. <https://doi.org/10.24843/mtk.2015.v04.i03.p100>