

**PEMANFAATAN MODEL *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* –
TERMODIFIKASI *KALMAN FILTER* DALAM MERAMALKAN
NILAI TUKAR MATA UANG**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika.



Disusun Oleh :
Dinda Fauziah Luthfiani
NIM 2105835

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

PEMANFAATAN MODEL *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* – TERMODIFIKASI *KALMAN FILTER* DALAM MERAMALKAN NILAI TUKAR MATA UANG

Oleh:

Dinda Fauziah Luthfiani

2105835

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

© Dinda Fauziah Luthfiani 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

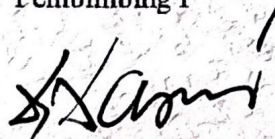
LEMBAR PENGESAHAN

DINDA FAUZIAH LUTHFIANI

PEMANFAATAN MODEL *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION* – TERMODIFIKASI *KALMAN FILTER* DALAM MERAMALKAN NILAI TUKAR MATA UANG

Disetujui dan disahkan oleh:

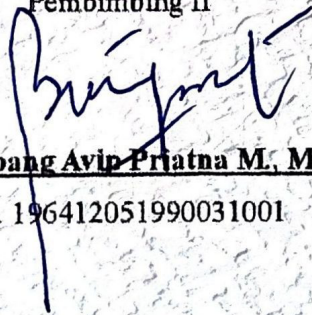
Pembimbing I



Prof. Dr. Dadan Dasari, M.Si.

NIP. 196407171991021001

Pembimbing II

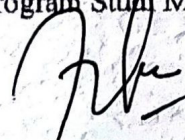


Dr. Bambang Avip Priatna M., M.Si.

NIP. 196412051990031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 19820282005012001

ABSTRAK

Nilai tukar mata uang atau kurs memiliki dampak yang signifikan bagi kondisi perekonomian negara dan pasar modal. Pergerakan nilai tukar mata uang yang acak dan sulit prediksi, mengakibatkan ketidakpastian dalam perencanaan ekonomi dan perdagangan internasional. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meramalkan nilai tukar uang yang diharapkan dapat mendukung perencanaan dalam mengantisipasi dampak negatif terhadap perekonomian Indonesia. Peramalan dilakukan dengan memanfaatkan model *Geometric Brownian Motion* (GBM), yaitu model stokastik untuk peramalan yang didasarkan pada pergerakan angka acak data pada waktu tertentu. Selanjutnya, model GBM dimodifikasi dengan menambahkan metode *filtering* menggunakan *Kalman Filter* (KF) untuk meningkatkan nilai akurasi peramalan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, peramalan menggunakan model GBM dan GBM-KF menghasilkan nilai MAPE < 10% atau dalam kategori akurasi yang sangat baik. Namun, peramalan menggunakan GBM-KF menghasilkan nilai MAPE dan MSE yang lebih rendah dari peramalan yang hanya menggunakan model GBM, sehingga peramalan menggunakan model GBM-KF lebih akurat dibandingkan dengan model GBM.

Kata Kunci : *Geometric Brownian Motion* (GBM), *Kalman Filter* (KF), Peramalan, Nilai Tukar Mata Uang, GBM-*Kalman Filter*.

ABSTRACT

The currency exchange rate or Foreign Exchange (FX) or Forex has a significant impact on a country's economic condition and the capital market itself. The random movement and unpredictable currency values affect the uncertainty in economic planning and international trade. As a result, this study is conducted to forecast the exchange rate, which is expected to support planning efforts in anticipating negative impacts on Indonesia's economy. This forecasting is conducted using a Geometric Brownian Motion (GBM) model, a stochastic model for forecasting based on the random numbers data movement at a certain time. Furthermore, the GBM model will be modified by adding a filtering method using *Kalman Filter* (KF) to improve the accuracy of the forecasting. Based on this research's result, the forecasting with GBM and GBM-KF generates $MAPE < 10\%$ or a very good accuracy category. However, forecasting with GBM-KF generates lower values of MAPE and MSE than forecasting with the GBM model. In conclusion, forecasting with the GBM-KF model is more accurate than the GBM model.

Keywords : *Geometric Brownian Motion (GBM), Kalman Filter (KF), Forecasting, Currency Exchange Rate, GBM-Kalman Filter.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Peramalan	5
2.1.1 Pengertian Peramalan.....	5
2.1.2 Pendekatan Peramalan	5
2.1.3 Jenis Peramalan.....	6
2.2 Proses Stokastik.....	6
2.3 <i>Brownian Motion</i>	7
2.4 <i>Drift</i>	8
2.5 Volatilitas.....	9
2.6 Persamaan Diferensial Stokastik (PDS).....	10
2.7 Lemma Ito	10
2.8 <i>Geometric Brownian Motion</i> (GBM)	11
2.9 Uji Normalitas	13

2.10 Uji Independensi Nilai <i>Return</i>	13
2.11 Uji Autokorelasi Nilai <i>Return</i>	14
2.12 Metode <i>Kalman Filter</i>	15
2.13 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	17
2.14 <i>Mean Square Error</i> (MSE).....	18
2.15 Nilai Tukar Mata Uang (Kurs)	18
2.15.1 Pengertian nilai tukar mata uang.....	18
2.15.2 <i>Return</i> nilai tukar mata uang	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Metode Penelitian.....	20
3.2 Jenis dan Sumber Data	21
3.3 Teknik dan Prosedur	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Informasi Data.....	23
4.2 Pengujian Data dengan Menerapkan Model GBM	24
4.3 Implementasi metode <i>Kalman Filter</i> pada model GBM.....	34
4.4 Tahap Perbandingan	38
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Grafik Nilai Tukar Rupiah Terhadap Euro	23
Gambar 4.2 Grafik Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Australia	24
Gambar 4.3 Grafik <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah Terhadap Euro	25
Gambar 4.4 Grafik <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Australia	26
Gambar 4.5 Plot Distribusi Normal <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah Terhadap Euro .	27
Gambar 4.6 Plot Distribusi Normal <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah.....	27
Gambar 4.7 Grafik ACF <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah terhadap Euro.....	28
Gambar 4.8 Grafik ACF <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Australia...	28
Gambar 4.9 Hasil Peramalan GBM untuk Nilai Tukar Rupiah terhadap Euro	32
Gambar 4.10 Hasil Peramalan GBM untuk Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Australia	33
Gambar 4.11 Hasil Peramalan dengan Nilai Model GBM Terbaik (Euro)	33
Gambar 4.12 Hasil Peramalan dengan Nilai Model GBM Terbaik (Dolar Australia)	33
Gambar 4.13 Grafik Peramalan menggunakan GBM- <i>Kalman Filter</i> Terhadap Euro	37
Gambar 4.14 Grafik Peramalan menggunakan GBM- <i>Kalman Filter</i> Terhadap Dolar Australia.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Penilaian Akurasi MAPE.....	18
Tabel 4.1 Data <i>In Sample</i>	23
Tabel 4.2 Data Out Sample	23
Tabel 4.3 Hasil <i>Ljung-Box Q Test Return</i> Nilai Tukar Rupiah Terhadap Euro	29
Tabel 4.4 Hasil Ljung-Box Q Test Return Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Australia.....	29
Tabel 4.5 Nilai Volatilitas dan Drift Nilai Tukar Rupiah	31
Tabel 4.7 Data Hasil GBM untuk Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Australia	32
Tabel 4.8 Hasil Akurasi GBM.....	34
Tabel 4.9 Hasil Akurasi GBM-Kalman Filter	37
Tabel 4.10 Tabel Perbandingan Akurasi model GBM dan GBM- Kalman Filter .	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Tabel Data dan <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah Terhadap Euro	44
Lampiran 2 : Tabel Data dan <i>Return</i> Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Australia	59
Lampiran 3 : Tabel Hasil Peramalan Nilai Tukar Rupiah terhadap Euro	74
Lampiran 4 : Tabel Hasil Peramalan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Australia	80
Lampiran 5 : <i>Syntax</i> Program Google Colab Peramalan Nilai Tukar Rupiah...	85

DAFTAR PUSTAKA

- Antika, R., Satyahadewi, N., & Perdana, H. (2022). Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Menggunakan Model Black Litterman dengan Pendekatan ARCH/GARCH. *Equator: Journal of Mathematical and Statistical Sciences*, 1(1), 31-39.
- Azmi, A., Hadi, Z. N., dan Soraya, S. (2020). ARDL Method: Forecasting Data Jumlah Hari Terjadinya Hujan Di NTB. *Jurnal Varian*, 3(2), 73-82. doi : <https://doi.org/10.30812/varian.v3i2.627>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 107-327.
- Dmouj, A. (2006). *Stock Price Modelling : Theory and Practice*. Amsterdam : BMI Paper.
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review Of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Frechtling, J. (2001). *What Evaluation Tells Us about Professional Development Programs in Mathematics and Science*.
- Hanifah, A. N. & Maulana, D. A. (2024). Penerapan Model *Geometric Brownian Motion* Termodifikasi *Kalman Filter* Dalam Prediksi Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika Serikat dan Yuan China. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(3), 671-680.
- Hasanah, F. R. U., & Putri, D. M. (2022). Pemodelan Harga Saham Menggunakan *Geometric Brownian Motion*. *JOSTECH Journal of Science and Technology*, 2(1), 75-84.
- Heizer, J., dan Render, B. (2011). *Operations Management* (hlm. 145-147). Pearson Education.
- Hersugondo, H., Ghozali, I., Handriani, E., Trimono, T., dan Pamungkas, I. D.(2022). Price Index Modeling and Risk Prediction of Sharia Stocks in Indonesia. *Economies*, 10(1), 1–13.
- Higham, D.J. (2001). An Algorithmic Introduction to Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations. *SIAM Review*, 43(3). 525-546.
- Hull, E. (2012). *Options, Futures, and Other Derivatives* (Edisi Ketiga). Boston: Prentice Hall.
- Iqbal, T., & Subhan, M. (2020). Metode Euler-Milstein untuk Solusi Numerik Persamaan Diferensial Stokhastik Ornstein-Uhlenbeck. *Journal of Mathematics UNP*, 5(3).
- Jumingan, (2009). *Studi Kelayakan Bisnis, Teori dan Proposal Kelayakan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Krugman, P. R., dan Obstfeld, M. (1994). *Ekonomi Internasional: Teori dan Kebijakan*. Penerjemah Faisal H. Basri. Jakarta: Universitas Indonesia. HarperCollins Publishers Inc.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. P. (1978). On a Measure of Lack of Fit in Time Series models. *Biometrika*, 65(2), 297-303.
- Makridakis, S., dkk. (2008). *Forecasting Methods And Application*. John Wiley & Sons.
- Mankiw, Gregory. (2006). *Pengantar Ekonomi Makro* (Edisi Ketiga). Jakarta: Salemba Empat

- Maulana, Y., & Wiharno, H. (2024). Peramalan Harga Saham dengan Brownian Motion. *Indonesian Journal of Strategic Management*, 7(1), 9-13.
- Maulidya, V., Apriliani, E., & Putri, E. R. M. (2020). Prediksi Harga Saham Menggunakan *Geometric Brownian Motion* Termodifikasi *Kalman Filter* dengan Konstrain. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1(1), 6-18.
- Maysarah, N. R., Widyarto, L., Suhendra, I., & Anwar, C. J. (2023). Analisis Pengaruh Hubungan Inflasi dan Nilai Tukar Rupiah di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(16), 623-629. doi : <https://doi.org/10.5281/zenodo.8260623>.
- Montgomery, C. dan Johnson, A. Lynwood (1998). *Forecasting and Time Series Analysis*. United States of America : McGraw-Hill Inc.
- Nabilla, I., dan Ranggadara, I. (2020). Mean Absolut Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 250-255.
- Qarina, Q. (2023). Analisis Determinan Nilai Tukar di Indonesia. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, 2(2), 369-380. doi : <https://doi.org/10.54443/sibatik.v2i2.562>
- Ramadhan, R. R. & Maulana, D. A. (2024). Peramalan Harga Minyak Mentah Jenis West Texas Intermediate Menggunakan *Geometric Brownian Motion* Termodifikasi *Kalman Filter*. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(3), 558-568.
- Reddy, K., dan Clinton, V. (2016). Simulating Stock Prices Using Geometric Brownian Motion: Evidence from Australian companies. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 10(3), 23-47.
- Riziqyani, A., Gunistiyo, & C, N. W. (2018). Pengaruh Kurs, Suku Bunga, dan Dividen Pershare terhadap Harga Saham pada Sektor Perbankan yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Tahun 2013– 2017. *Jurnal Perpajakan, Manajemen, dan Akuntansi*, 21-33.
- Ross, Sheldon M. 2010. *Introduction to Probability Models Tenth Edition*. Los Angeles: Academic Press.
- Ruppert, D., dan Matteson, D. (2011). *Statistic Data Analysis for Financial Engineering*. New York: Springer.
- Sakir, A., Zainul, Z. R., dan Zulkifli. (2020). Faktor-Faktor Penyebab Pelemahan Kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika. *Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 165-171.
- Sari, R. K. N., Sutisna, W., Wororomi, M. J. M. & Tjahjono, V. R. (2023). Komparasi Model Gerak Brown Geometrik Termodifikasi dan Model Kecerdasan Buatan untuk Prediksi Harga Saham Sektor Kesehatan di Indonesia. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 12(2).
- Sudjana, N. (2005). *Metode Statistika*. Bandung : Tarsito
- Syarifuddin, A. N. A., Merdekawati, D. A., dan Apriliani, E. (2018). Perbandingan Metode *Kalman Filter*, *Extended Kalman Filter*, dan *Ensemble Kalman Filter* pada Model Penyebaran Virus Hiv/Aids. *Limits*, 15(1), 17–29. doi : <https://iptek.its.ac.id/index.php/limits/article/view/3344>.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*. John Wiley & Sons.
- Widarjono, Agus. (2009). *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya* (Edisi Ketiga). Yogyakarta: Ekonisia

Wulan, Y. A., & Permana, D. (2018). Penentuan Harga Opsi Jual Amerika dengan Menggunakan Metode Gerak Brown Geometri. *Journal of Mathematics UNP*, 3(2).