

PERBANDINGAN KINERJA *GENERALIZED WIENER PROCESS* DAN PROSES ORNSTEIN-UHLENBECK DALAM MEMODELKAN HARGA SAHAM *JOHNSON & JOHNSON*

*M.Z. Istiqlal, Asrofilmunadin, M.R. Al-Wafi, M.P. Sutrabalsa, N.A. Fatimah,
A.T.N. Hidayat, dan I W. Mangku

Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika,
Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor.
meziaza.lyra@apps.ipb.ac.id***corresponding author**, 1403asrofilmunadin@apps.ipb.ac.id,
rifqialwaifi@apps.ipb.ac.id, dinamardina@apps.ipb.ac.id, nabilazmi@apps.ipb.ac.id,
xervynhidayat@apps.ipb.ac.id, wayahma@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Johnson & Johnson (J&J) merupakan perusahaan besar di sektor kesehatan dengan pendapatan yang stabil dan lini produk yang terdiversifikasi. Model *Generalized Wiener Process* (GWP) dan Ornstein-Uhlenbeck (O-U) dapat digunakan untuk memodelkan pergerakan harga saham J&J, dengan mempertimbangkan fluktuasi jangka pendek dan kecenderungan untuk kembali ke nilai rata-rata dalam jangka panjang. Penelitian ini menggunakan harga saham J&J untuk periode satu tahun, dengan total 248 observasi. Parameter dari kedua proses diestimasi untuk set data menggunakan *method of moments*, pada perangkat lunak R. Berdasarkan hasil prediksi, nilai MAPE yang diperoleh oleh model GWP dan model O-U secara berurutan adalah 1,9032% dan 1,8895%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua model dapat memodelkan harga penutupan saham *Johnson & Johnson* dengan sangat baik, dilihat dari nilai MAPE yang lebih kecil dari 10%. Namun, model O-U disimpulkan sebagai model terbaik dengan nilai MAPE terkecil.

Kata kunci: harga saham, *mean reversion*, Ornstein-Uhlenbeck, proses *Wiener*

1 Pendahuluan

Saham adalah bukti kepemilikan yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk memperoleh bagian dari prospek atau kekayaan organisasi yang menerbitkan sekuritas tersebut, serta hak-hak lain sesuai dengan ketentuan yang berlaku [1]. Saham adalah instrumen investasi yang populer di kalangan investor karena menawarkan potensi keuntungan yang menarik [7]. Akan tetapi banyak investor yang masih ragu dalam berinvestasi, karena fluktuasi indeks harga saham yang sangat cepat dan dikhawatirkan tidak sesuai dengan harapan [5].

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa prediksi atau peramalan harga saham menjadi alat bantu yang penting untuk merencanakan investasi secara lebih efektif dan efisien. Prediksi yang akurat akan mempermudah investor dalam mengukur sentimen pasar, membuat keputusan yang lebih terinformasi, dan meminimumkan risiko yang terkait dengan volatilitas harga saham.

Terdapat berbagai jenis model prediksi harga saham yang dapat digunakan, dan efektivitasnya sangat bergantung pada karakteristik saham yang dianalisis. Sari [12] memodelkan harga saham menggunakan *Generalized Wiener Process* (GWP) dan

ARIMA. Ogbogbo [8] memodelkan harga minyak mentah menggunakan model Ornstein-Uhlenbeck (O-U). Maulia *et al.* [6], melakukan perbandingan kinerja model *ARIMA* dan *Garch* dalam prediksi harga saham bank BRI.

Penelitian ini melakukan analisis pemodelan harga saham pada saham *Johnson & Johnson* (J&J), perusahaan besar di sektor kesehatan dengan pendapatan yang stabil dan lini produk yang terdiversifikasi. Saham ini cenderung memiliki volatilitas yang lebih rendah dibandingkan saham di sektor yang lebih spekulatif. Meskipun harga sahamnya bersifat fluktuatif dari hari ke hari, jika dilihat dalam jangka waktu yang lebih panjang, pergerakan harga ini cenderung berpusat di sekitar titik tertentu, menunjukkan stabilitas yang khas bagi saham di sektor kesehatan. Dengan karakteristik data ini, penggunaan model *Generalized Wiener Process* (GWP) dan Ornstein-Uhlenbeck (O-U) menjadi pendekatan yang efektif dalam menganalisis pergerakan harga saham *Johnson & Johnson* (J&J) secara komprehensif.

Generalized Wiener Process (GWP) merupakan model stokastik yang sering digunakan untuk memprediksi pergerakan harga aset yang fluktuatif. GWP memodelkan harga sebagai variabel stokastik yang berfluktuasi atas waktu dengan *drift rate* dan *volatility* yang konstan [12]. Model ini bekerja dengan asumsi bahwa perubahan harga bersifat proporsional terhadap harga saat ini dan bergerak acak tanpa batasan untuk kembali ke titik rata-rata tertentu (*non-mean-reverting*). Karena itu, model ini cocok untuk saham J&J yang cenderung mengalami fluktuasi bebas dalam jangka pendek, di mana harga sering kali tidak menunjukkan pola yang tetap atau kecenderungan untuk kembali ke nilai tertentu.

Model Ornstein-Uhlenbeck (O-U) merupakan model stokastik yang dirancang untuk menggambarkan proses *mean-reverting*, dimana variabel yang dimodelkan memiliki kecenderungan untuk kembali ke nilai rata-rata atau nilai intrinsiknya seiring waktu. Model O-U merupakan jenis proses *mean-reverting* yang paling populer dan umum digunakan dalam keuangan [8]. Model ini bekerja dengan asumsi bahwa meskipun terdapat fluktuasi acak, harga suatu aset akan secara bertahap mendekati suatu titik keseimbangan atau rata-rata. Karakteristik ini membuat O-U ideal untuk memodelkan harga saham J&J dalam jangka menengah hingga panjang, di mana harga secara perlahan kembali ke nilai fundamental setelah mengalami perubahan akibat fluktuasi jangka pendek.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan harga saham *Johnson & Johnson* (J&J) menjadi bentuk model *Generalized Wiener Process* (GWP) dan model Ornstein-Uhlenbeck (O-U) dan membandingkan kinerja model *Generalized Wiener Process* (GWP) dan Ornstein-Uhlenbeck (O-U) dalam memodelkan pergerakan harga saham *Johnson & Johnson* (J&J). Kombinasi ini memungkinkan pemahaman yang lebih akurat tentang pola pergerakan saham J&J, sehingga dapat menjadi panduan yang bermanfaat bagi investor dalam mengambil keputusan investasi yang lebih tepat.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Proses Stokastik

Himpunan dari peubah acak yang memetakan suatu ruang contoh ke suatu ruang state S disebut proses stokastik $X = \{X_t, t \in T\}$. Dengan demikian, ruang state S dapat berupa himpunan bilangan bulat (atau himpunan bagiannya) atau himpunan bilangan

real (atau himpunan bagiannya). Untuk setiap t pada himpunan indeks T dengan t menyatakan waktu dan X_t disebut sebagai keadaan (*state*) dari proses pada waktu t [11].

2.2 Proses Wiener

Proses Wiener dasar, dZ_t , merupakan proses kontinu pada t yang mengikuti proses Markov dengan *drift rate* 0 dan volatilitas 1. *Drift rate* nol menunjukkan bahwa nilai harapan dari Z pada waktu yang akan datang sama dengan nilai saat ini, atau perubahan rata-rata bernilai 0. Volatilitas 1 menunjukkan bahwa varians dari perubahan Z_t dalam interval waktu T bernilai T . Proses *Wiener* ini memenuhi sifat-sifat berikut [4]:

1. Nilai inisial $Z_0 = 0$, perubahan Z selama jangka waktu terkecil Δt adalah $\Delta Z = \epsilon\sqrt{\Delta t}$ dengan ϵ memiliki sebaran normal baku.
2. Memiliki inkremen bebas pada interval waktu yang tidak tumpang tindih.
3. Memiliki inkremen stasioner yang menyebar normal baku $N(0,1)$.

2.3 Proses Generalized Wiener

Generalized Wiener Process (GWP) merupakan proses Wiener dasar yang telah dikembangkan, dengan *drift rate* μ dan volatilitas σ . *Generalized Wiener Process* untuk variabel harga saham S_t dapat didefinisikan sebagai

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dZ_t \quad (1)$$

dengan μ dan σ konstan. Menggunakan transformasi logaritma, diperoleh solusi eksplisit persamaan diferensial stokastik GWP sebagai berikut

$$S_t = S_0 e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t} \quad (2)$$

dimana S_t merupakan harga saham, μ merupakan *drift rate* atau tingkat perubahan rata-rata, σ merupakan volatilitas, dan Z_t merupakan proses *Wiener* [3].

2.4 Proses Ornstein-Uhlenbeck

Proses Ornstein-Uhlenbeck (O-U) untuk harga saham merupakan suatu proses stokastik non-negatif $\{X_t : t > 0\}$ dengan sifat *mean-reversion* [2], dirumuskan sebagai

$$dX_t = \theta(\mu - X_t)dt + \sigma dZ_t \quad (3)$$

dengan θ , μ , dan σ konstan. Dengan menggunakan fungsi bantuan, diperoleh solusi eksplisit persamaan diferensial stokastik Ornstein-Uhlenbeck sebagai berikut

$$X_t = X_0 e^{-\theta t} + \mu(1 - e^{-\theta t}) + \sigma \int_0^t e^{-\theta(t-s)} dW_s \quad (4)$$

dengan X_t merupakan harga saham, θ merupakan *rate of reversion*, μ merupakan *drift rate* atau tingkat perubahan rata-rata dalam jangka panjang, σ merupakan volatilitas, dan Z_t merupakan proses *Wiener* [9].

3 Metodologi

Penelitian ini menggunakan data *time series* yang bersumber dari NASDAQ (<https://www.nasdaq.com/>) untuk data harga penutupan harian (*daily closed price*)

Johnson & Johnson mulai periode 01 November 2023 sampai 31 Oktober 2024 dengan periode pengamatan sebanyak 248 hari. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Microsoft Excel* dan *RStudio*.

Langkah analisis penelitian ini dimulai dengan membuat plot *time series* dan menghitung statistik deskriptif harga penutupan saham perusahaan *Johnson & Johnson* (J&J). Selanjutnya, data harga saham ditransformasi menjadi *log return* harian saham. Hal ini dilakukan sebab harga saham cenderung bersifat non-stasioner dengan parameter berubah seiring waktu, sehingga melakukan prediksi harga saham menggunakan data *log return* dapat menghasilkan prediksi yang merepresentasikan perubahan relatif harga, bukan harga absolut [10]. Data *return* ini diuji normalitasnya dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Data *return* ini juga diuji kestasionerannya dengan uji *Augmented Dickey-Fuller*. Selanjutnya, data dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Dilakukan estimasi parameter *drift rate* dan volatilitas untuk model GWP serta parameter *rate of reversion*, *drift rate*, dan volatilitas untuk model O-U menggunakan *method of moments*. Dugaan parameter yang diperoleh digunakan untuk melakukan *fit* model GWP dan O-U data *return* saham J&J. Model GWP yang diperoleh digunakan untuk prediksi harga saham data uji, sedangkan model O-U yang diperoleh digunakan untuk prediksi *return* data uji yang kemudian ditransformasi menjadi prediksi harga saham. Validasi model dilakukan menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Model terbaik pada penelitian ini ditentukan berdasarkan nilai MAPE terkecil.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Eksplorasi Data

Plot deret waktu harga penutupan saham J&J pada Gambar 1 menunjukkan adanya fluktuasi yang signifikan. Hal ini dapat dilihat dari adanya pola naik dan turun secara berkelanjutan pada data. Terdapat beberapa periode di mana harga saham mengalami kenaikan dan penurunan tajam. Harga saham tertinggi terjadi pada tanggal 10 September 2024 yaitu dengan harga saham sebesar \$167,33 dan harga saham terkecil terjadi pada tanggal 28 Mei 2024 yaitu dengan harga saham sebesar \$144,38.



Gambar 1. Plot deret waktu harga penutupan saham J&J.

Data harga saham harian ini ditransformasi menjadi data *return* harian saham menggunakan transformasi *log return* yaitu S_t , dengan S_t merupakan peubah acak data

return pada waktu ke- t yang diperoleh dari $S_t = \log\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right)$, untuk X_t merupakan peubah acak yang menyatakan harga saham pada waktu ke- t . Data *return* harian saham ini diuji normalitasnya menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Diperoleh nilai *p-value* sebesar $0,2636 > 0,05$ yang artinya pada interval kepercayaan 95% data dapat disimpulkan menyebar normal. Selanjutnya, data *return* harian saham ini diuji kestasionerannya menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller*. Diperoleh nilai *p-value* sebesar $0,01 < 0,05$ yang artinya pada interval kepercayaan 95% data dapat disimpulkan stasioner.

4.2 Model *Generalized Wiener*

Kalibrasi data untuk estimasi parameter model *Generalized Wiener* dilakukan terhadap data *return* S_t menggunakan *method of moments*. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi parameter model GWP terhadap data *return* J&J.

Rata-rata (μ)	Volatilitas (σ)
-0,000008	0,013871

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan data *return* harian saham dan bukan menggunakan harga saham yang sebenarnya. Menurut Tsav [13], seri data *return* lebih mudah untuk ditangani karena data *return* memiliki properti yang lebih baik secara statistika, dimana data *return* bersifat stasioner dan mampu mengurangi fluktuasi absolut harga saham.

Hasil ini menunjukkan bahwa data pengembalian saham J&J memiliki tingkat penurunan rata-rata atau *drift rate* senilai -0,000008, dan tingkat ketidakpastian pergerakan nilai pengembalian saham atau volatilitas sebesar 0,013871.

Berdasarkan persamaan (2) dan dengan nilai harga saham pertama pada data uji adalah \$159,39, model GWP terhadap data harga saham harian J&J selama periode satu tahun dinyatakan sebagai persamaan berikut.

$$S_t = 159,39 e^{\left(-0,000008 - \frac{(0,013871)^2}{2}\right)t + 0,013871 Z_t} \\ = 159,39 e^{(-0,000104)t + 0,013871 Z_t}. \quad (5)$$

Persamaan (5) digunakan untuk memprediksi data uji harga saham J&J menggunakan perangkat lunak R.

4.3 Model Ornstein-Uhlenbeck

Kalibrasi data untuk estimasi parameter model *Ornstein-Uhlenbeck* dilakukan terhadap data *return* S_t menggunakan *method of moments*. Hasil estimasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi parameter model O-U terhadap data *return* J&J.

Mean reversion rate (θ)	Rata-rata (μ)	Volatilitas (σ)
3,143452	-0,000353	0,025079

Hasil ini menunjukkan bahwa data pengembalian saham J&J memiliki laju pengembalian senilai 3,143452, tingkat penurunan rata-rata atau *drift rate* senilai -0,000353, dan tingkat ketidakpastian pergerakan nilai pengembalian saham atau volatilitas sebesar 0,025079.

Berdasarkan persamaan (4) dan dengan nilai *return* pertama pada data uji adalah -0,001884, model Ornstein-Uhlenbeck terhadap data pengembalian harian saham J&J selama periode satu tahun dinyatakan sebagai persamaan berikut,

$$S_t = -0,001884e^{-3,143452t} - 0,000353(1 - e^{-3,143452t}) + 0,025079 \int_0^t e^{-3,143452(t-s)} dZ_s. \quad (6)$$

Persamaan (6) digunakan untuk memprediksi *return* uji saham menggunakan perangkat lunak R, kemudian ditransformasi kembali menjadi prediksi harga saham J&J.

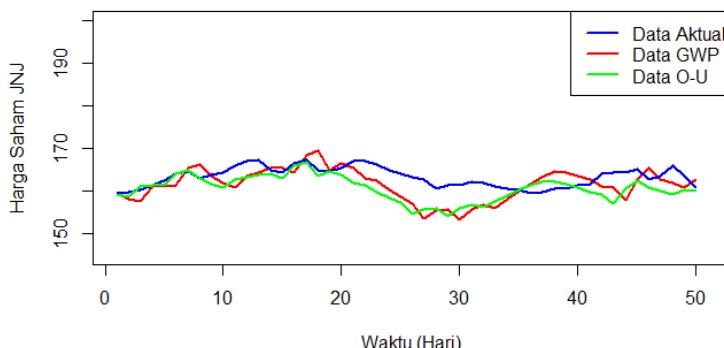
4.4 Validasi dan Prediksi Model

Hasil validasi model harga penutupan saham dilakukan menggunakan nilai MAPE dari hasil prediksi harga saham model GWP dan model O-U terhadap data *testing* saham, yang dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai MAPE yang diperoleh model GWP dan model O-U berbasis rata-rata berturut-turut adalah 1,9032% dan 1,8895%. Nilai MAPE pada model O-U lebih kecil dibandingkan dengan model GWP, namun tidak jauh berbeda. Kedua model ini disimpulkan dapat memberikan hasil peramalan yang sangat baik karena memiliki nilai MAPE yang kurang dari 10%.

Tabel 3. Nilai MAPE.

Model	MAPE
GWP	1,9032%
O-U	1,8895%

Berikut grafik visualisasi perbandingan antara harga saham sebenarnya dengan harga saham yang dihasilkan oleh kedua model.



Gambar 2. Perbandingan harga aktual saham J&J dengan prediksi model.

5 Simpulan dan Saran

Harga saham *Johnson & Johnson* (J&J) berhasil dimodelkan menjadi bentuk *Generalized Wiener Process* (GWP) dan Proses Ornstein-Uhlenbeck (O-U). Bentuk model GWP terhadap harga saham J&J adalah $S_t = 159,39e^{\left(-0,000008 - \frac{(0,013871)^2}{2}\right)t + 0,013871Z_t} = 159,39e^{(-0,000104)t + 0,013871Z_t}$ dan bentuk model O-U terhadap harga saham J&J adalah $S_t = -0,001884e^{-3,143452t} - 0,000353(1 - e^{-3,143452t}) + 0,025079 \int_0^t e^{-3,143452(t-s)} dZ_s$.

Kemampuan model GWP dalam memodelkan harga saham *Johnson & Johnson* (J&J) adalah sangat baik, dilihat dari rata-rata nilai MAPE yang lebih kecil dari 10% yaitu sebesar 1,9032%. Kemampuan model O-U dalam memodelkan harga saham J&J adalah sangat baik, dilihat dari rata-rata nilai MAPE yang diperoleh sebesar 1,8895%. Hal ini menjadikan kedua model sebagai alat prediksi yang akurat dalam membantu investor membuat keputusan, khususnya pada saham-saham yang memiliki volatilitas stabil. Keduanya memberikan hasil prediksi yang sangat baik, dengan model O-U disimpulkan sebagai model yang lebih baik dengan nilai MAPE terkecil. Namun, untuk aplikasi praktis, model GWP dapat menjadi pilihan yang lebih sederhana karena tidak dibutuhkannya asumsi *mean-reversion*. Sebaliknya, model O-U lebih sesuai untuk data yang menunjukkan pola *mean-reversion* karena mempertimbangkan dinamika pemulihan ke rata-rata. Oleh karena itu, pilihan antara kedua model bergantung pada karakteristik data yang akan dimodelkan dan tujuan akhir dari analisis.

Daftar Pustaka

- [1] Dalimunthe H. 2018. Pengaruh marjin laba bersih, pengembalian atas Ekuitas, dan inflasi terhadap harga saham. *Jurnal Akuntansi dan Bisnis: Jurnal Program Studi Akuntansi*. 4(2): 62-70.
- [2] Hidayat AT, Subanar. 2020. Persamaan diferensial Ornstein-Uhlenbeck dalam peramalan harga saham. *Media Statistika*. 13(1): 60-67. doi: <https://doi.org/10.14710/medstat.13.1.60-67>
- [3] Hull JC. 2015. *Options, Futures, and Other Derivatives*. 9th edition. New Jersey (NJ):Pearson Education.
- [4] Hull JC. 2006. *Options, Futures, and Other Derivatives*. 6th edition. New Jersey (NJ): Pearson Education.
- [5] Izzah A, Widayastuti R. 2017. Prediksi harga saham menggunakan improved multiple linear regression untuk pencegahan data outlier. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*. 2(3): 141–150. doi: <https://doi.org/10.22219/kinetik.v2i3.268>
- [6] Maulia SD, Triwulandari RRC, Fauzan MD, Khoerunnisa N, Aziz MF. 2024. Perbandingan kinerja model ARIMA dan Garch dalam peramalan harga saham bank BRI. *MILANG Journal of Mathematics and Its Applications*. 20(1): 65-76. doi: <https://doi.org/10.29244/milang.20.1.65-76>
- [7] Novita A. 2017. Prediksi pergerakan harga saham pada bank terbesar di Indonesia dengan metode Backpropagation Neural Network. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. 5(1): 965–972. doi:<http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v5i1.155>.
- [8] Ogbogbo 2018. Modelling crude oil spot price as an Ornstein-Uhlenbeck Process. *International Journal of Mathematical Analysis and Optimization: Theory and Application*. 2018:261-275.
- [9] Oud MAA. 2014. The dynamics of oil price and valuation of oil derivatives [disertasi]. Wollongong: University of Wollongong Australia.
- [10] Perepelitsa M, Timofeyev I. 2018. Asynchronous stochastic price pump. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.10.028>
- [11] Ross SM. 2010. *Introduction to Probability Models*. Ed ke-10. California (US): Academic Pr.
- [12] Sari MI. 2011. Pemodelan Harga Saham Menggunakan Generalisasi Proses Wiener dan Model ARIMA [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [13] Tsay RS. 2005. *Analysis of Financial Time Series*, 2nd Edition. New Jersey (NJ): Wiley and Sons Inc.