

PREDIKSI HARGA DAN VOLATILITAS EMAS DUNIA HARIAN: PERBANDINGAN MODEL GARCH DAN LONG SHORT-TERM MEMORY

Fathoni¹, Muhammad Aziiz Irwansyah², Ayu Triana³, Eka Darmayanti Simanullang⁴,
Yelli Nur Alinda⁵, Ali Ibrahim⁶

^{1,2,3,4,5}Program Studi Sistem Informasi, Universitas Sriwijaya, Palembang

e-mail: ¹Fathoni@ilkom.unsri.ac.id, ²09031282227095@student.unsri.ac.id,

³09031182227125@student.unsri.ac.id, ⁴09031282227129@student.unsri.ac.id,

⁵09031182227119@student.unsri.ac.id, ⁶aliibrahim@unsri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja model Long Short-Term Memory (LSTM) dan Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) dalam memprediksi harga dan volatilitas emas harian. Data harga emas dunia periode 2018–2023 digunakan untuk pelatihan dan pengujian model. Pemrosesan data meliputi normalisasi dan pembagian data latih (80%) serta data uji (20%). Model LSTM dengan dua lapisan (masing-masing 100 unit) dan dropout 20% menghasilkan prediksi harga yang akurat dengan nilai RMSE 17,2521, MAE 12,9861, MAPE 0,69%, dan R^2 0,9668. Sementara itu, model GARCH(1,1) menunjukkan keunggulan dalam memprediksi volatilitas dengan RMSE 0,0071 dan MAE 0,0057, meskipun kurang efektif untuk prediksi harga absolut (RMSE 278,1541, MAE 231,3126, MAPE 12,40%, R^2 -4,7735). Penelitian ini mengisi gap dari studi sebelumnya yang umumnya hanya memanfaatkan model tunggal. Dengan membandingkan langsung dua pendekatan berbeda, yaitu LSTM dan GARCH, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dalam meningkatkan akurasi prediksi harga emas dan volatilitas. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi keduanya dapat lebih efektif dalam menghadapi dinamika pasar yang kompleks. Disarankan juga integrasi variabel eksternal, seperti suku bunga, inflasi, dan indeks saham global, untuk meningkatkan cakupan analisis dan akurasi prediksi.

Kata kunci: prediksi harga emas, volatilitas, LSTM, GARCH, analisis deret waktu

Abstract

This study aims to compare the performance of Long Short-Term Memory (LSTM) and Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) models in predicting daily gold prices and volatility. World gold price data for the period 2018–2023 is used for model training and testing. Data processing includes normalization and division of training data (80%) and test data (20%). The LSTM model with two layers (100 units each) and 20% dropout produced accurate price predictions with RMSE 17.2521, MAE 12.9861, MAPE 0.69%, and R^2 0.9668. Meanwhile, the GARCH(1,1) model showed superiority in predicting volatility with RMSE 0.0071 and MAE 0.0057, although it was less effective for absolute price prediction (RMSE 278.1541, MAE 231.3126, MAPE 12.40%, R^2 -4.7735). This research fills the gap of previous studies that generally only utilize a single model. By directly comparing two different model approaches, namely LSTM and GARCH, this study makes a new contribution in improving the accuracy of gold price and volatility predictions. The findings suggest that combining the two models in a hybrid manner is more effective for handling complex market dynamics and provides a more comprehensive predictive approach. These findings also indicate that the combination of both models can be more effective in addressing the complexity of market dynamics. It is also recommended to integrate external variables such as interest rates, inflation, and global stock indices to enhance the scope of analysis and prediction accuracy.

Keywords: gold price prediction, volatility, LSTM, GARCH, time series analysis

1. PENDAHULUAN

Harga emas dunia merupakan salah satu indikator penting dalam ekonomi global yang menjadi perhatian investor di tengah ketidakpastian ekonomi [1]. Harga emas tetap menjadi perhatian utama dalam sektor investasi dan ekonomi, mengingat sifatnya yang cenderung stabil dan kemampuannya untuk meningkat seiring waktu. Hal ini menjadikannya pilihan utama bagi investor yang mencari aset yang dapat melindungi mereka dari inflasi dan fluktuasi pasar [2]. Fluktuasi harga emas yang dinamis ini menciptakan apa yang dikenal sebagai volatilitas yaitu tingkat perubahan harga yang menunjukkan seberapa besar harga emas dapat naik atau turun dalam waktu tertentu.

Fenomena dari volatilitas harga emas semakin meningkat dalam menjadi hal utama dikarenakan kondisi geopolitik dan fluktuasi ekonomi global seperti inflasi serta krisis moneter yang terus terjadi [3]. Pergerakan harga emas juga dipengaruhi oleh banyak faktor yang membuatnya sulit diprediksi secara akurat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [4], faktor penting yang dapat mempengaruhi pergerakan harga emas adalah variabel nilai mata uang dolar terhadap rupiah. Oleh sebab itu, kebutuhan akan model prediksi yang lebih akurat dalam menganalisa volatilitas harga emas semakin meningkat.

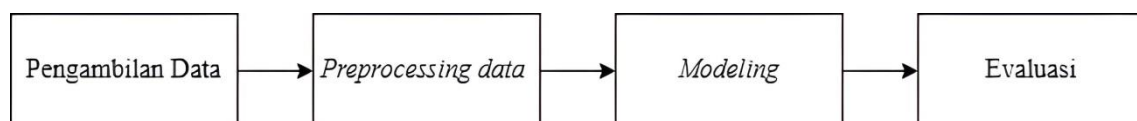
Masalah utama dalam penelitian ini adalah sulitnya memprediksi pergerakan emas secara akurat menggunakan metode tradisional. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa ARIMA-GARCH lebih cocok untuk data yang mengandung unsur ARCH, karena model ini dapat menangani variansi yang fluktuatif dan memberikan hasil prediksi yang cukup akurat [5]. Sementara itu, model LSTM memiliki keunggulan dalam menangkap pola data jangka panjang dan menunjukkan hasil yang lebih baik dalam peramalan inflasi dibandingkan ARIMA-GARCH berdasarkan nilai MAPE [6]. Oleh sebab itu, penelitian ini berfokus pada perbandingan kinerja kedua model tersebut.

Hal yang membedakan penelitian ini dari penelitian sebelumnya adalah fokus pada perbandingan langsung antara GARCH dan LSTM dalam konteks prediksi volatilitas harga emas dunia dengan data yang baru. Sementara penelitian terdahulu lebih banyak menggunakan salah satu model saja atau menerapkannya pada data finansial lain seperti indeks saham, penelitian ini menawarkan pendekatan dengan membandingkan kedua model secara sistematis untuk menentukan metode yang lebih akurat dalam memprediksi pergerakan emas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja model GARCH dan LSTM dalam memprediksi volatilitas dan harga emas dunia harian serta mengetahui model mana yang lebih unggul dalam menghasilkan prediksi dengan akurasi tinggi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan metode prediksi di bidang keuangan serta membantu investor dalam pengambilan keputusan yang lebih baik di tengah volatilitas pasar yang tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk membandingkan performa dua pendekatan populer dalam memprediksi harga dan volatilitas emas harian, yaitu Long Short-Term Memory (LSTM) dan Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH). Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan terstruktur sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Metodologi Penelitian

2.1 Pengambilan Data

Dataset diperoleh dari situs Kaggle dengan judul *Gold Price Historical Data*. Data yang digunakan merupakan harga emas dunia harian mulai tahun 2018 hingga 2023 sebanyak 1365 record. Dua *field* utama yang diambil dari dataset tersebut yaitu:

- Tanggal: sebagai indeks waktu untuk analisis deret waktu.
- *Close* (Harga Penutupan): digunakan sebagai variabel target yang ingin diprediksi.

2.2 Preprocessing Data

Data yang diperoleh dari Kaggle terlebih dahulu diproses agar sesuai dengan kebutuhan model. Tahapan *preprocessing* meliputi:

- Konversi Format Tanggal: Data tanggal diubah ke format *datetime* dan dijadikan indeks dari dataset.
- Pembersihan dan Pengurutan: Data diurutkan berdasarkan waktu untuk memastikan keteraturan.
- Skalasi Data: Untuk kebutuhan model LSTM, nilai *Close* diskalakan ke rentang [0,1] menggunakan *MinMaxScaler* agar model dapat lebih cepat belajar.
- Split Data: Dataset dibagi kedalam 80% data latih dan 20% data uji.

2.3 Pemodelan

Pemodelan dilakukan menggunakan platform Google Collaboratory dengan bahasa pemrograman Python dan pustaka *machine learning* seperti TensorFlow dan ARCH.

2.3.1 Model LSTM

LSTM adalah salah satu algoritma dari *deep learning* yang paling banyak digunakan, karena mampu bekerja secara efektif baik pada dataset berbahasa Inggris maupun Indonesia [7]. Model LSTM dibangun dengan arsitektur dua lapisan LSTM yang masing-masing memiliki 100 unit [8]. Lapisan pertama mengembalikan urutan (*return_sequences=True*), dan setiap lapisan diikuti oleh *Dropout layer* sebesar 20% untuk menghindari *overfitting* [9]. *Output* dari LSTM terakhir dihubungkan ke *Dense layer* sebagai *output* final.

Data input LSTM dibentuk dari 60 hari data sebelumnya (*look_back=60*) untuk memprediksi harga pada hari ke-61. Setelah dibentuk, data *reshaped* ke dalam format 3 dimensi [*samples, time steps, features*] sesuai kebutuhan model LSTM. Proses pelatihan dilakukan dengan parameter:

Tabel 1. Parameter Proses Pelatihan Model LSTM

Parameter	Nilai
Epoch	150
Batch Size	32
Validation Split	10%
Loss Function	Mean Squared Error (MSE)
Optimizer	Adam

2.3.2 Model GARCH

Model GARCH digunakan untuk memodelkan volatilitas data return harian, yang dihitung sebagai persentase perubahan harga penutupan [10]. Model yang digunakan adalah GARCH(1,1), di mana model memprediksi variansi bersyarat (*conditional variance*) dari return berdasarkan variansi sebelumnya dan error sebelumnya [11].

Setelah model dilatih pada data return latih, dilakukan proses *forecasting* untuk periode data uji. Berdasarkan volatilitas yang diprediksi, dilakukan simulasi return harian menggunakan distribusi normal, dan harga emas diproyeksikan dengan mengakumulasi return tersebut ke harga terakhir data latih.

2.4 Evaluasi Kinerja Model

Untuk menilai kualitas prediksi model, digunakan beberapa metrik evaluasi:

- Root Mean Squared Error (RMSE): Mengukur akar dari rata-rata kuadrat error, nilai yang lebih kecil menunjukkan prediksi lebih akurat [12].
- Mean Absolute Error (MAE): Mengukur rata-rata selisih absolut antara nilai prediksi dan aktual [13].
- Mean Absolute Percentage Error (MAPE): Menyatakan persentase rata-rata kesalahan, nilai yang mendekati nol menandakan model sangat akurat [14].
- Koefisien Determinasi (R^2): Mengukur seberapa besar variasi data yang dapat dijelaskan oleh model [15]. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan model memiliki performa yang sangat baik [16].

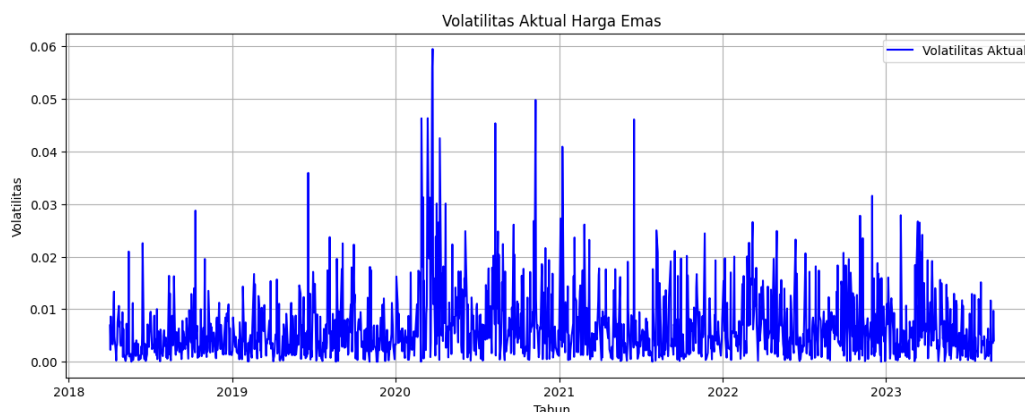
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Visualisasi Harga dan Volatilitas Emas

Gambar awal menampilkan pergerakan harga dan volatilitas emas dari tahun 2018 hingga 2023.



Gambar 2. Visualisasi Harga Emas Harian (2018-2023)

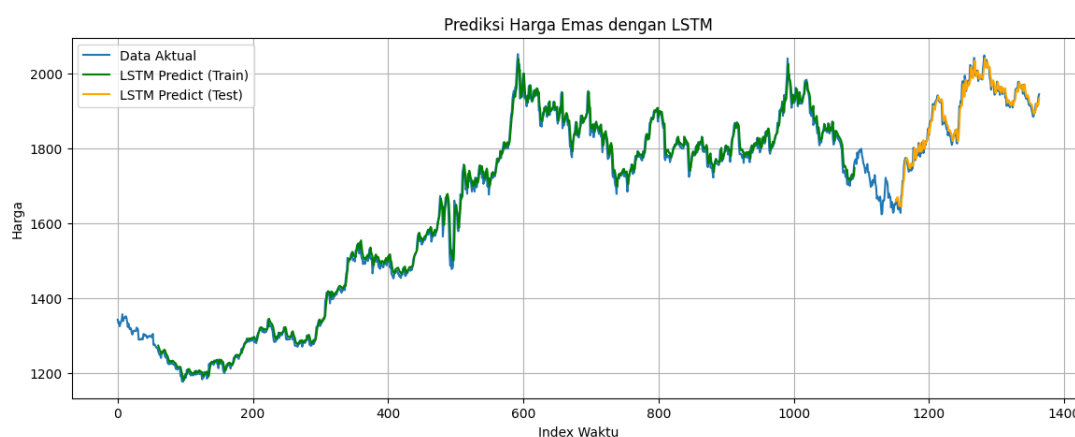


Gambar 3. Visualisasi Volatilitas Aktual Harga Emas

Tampak dari Gambar 3 dan Gambar 4, tren kenaikan dan volatilitas yang signifikan pada tahun 2020 yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh pandemi global, disusul dengan periode fluktuasi harga yang stabil di tahun-tahun berikutnya. Hal ini memberikan latar belakang penting bagi pengujian performa model prediktif.

3.2 Hasil Prediksi Harga Emas

3.2.1 Hasil Prediksi Harga dengan LSTM



Gambar 4. Grafik prediksi Harga Emas dengan LSTM

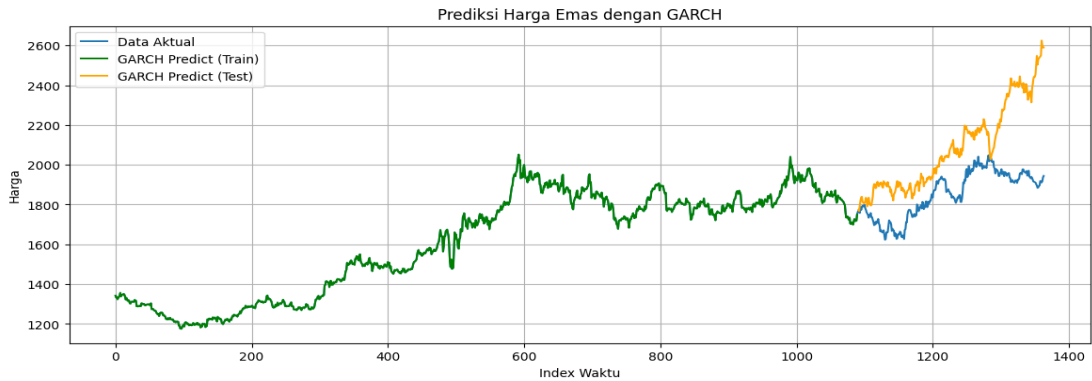
Hasil prediksi harga emas pada Gambar 4, menunjukkan bahwa Model LSTM memiliki performa yang sangat baik dalam memprediksi harga emas. Grafik hasil prediksi mendekati pola aktual, baik pada data latih maupun data uji. Hal ini didukung oleh hasil evaluasi sebagai berikut:

Tabel 2. Evaluasi Model dengan LSTM

Metrik Evaluasi	LSTM
RMSE	17.2521
MAE	12.9861
MAPE (%)	0.69%
R ²	0.96668

Pada Tabel 2, hasil evaluasi model dengan LSTM memperlihatkan nilai R^2 mendekati 1 yang berarti LSTM mampu menjelaskan perubahan variasi harga emas dengan efektif. Nilai error yang rendah menunjukkan bahwa model mampu mengidentifikasi pola harga secara akurat.

3.2.2 Hasil Prediksi Harga dengan GARCH



Gambar 5. Prediksi Harga Emas dengan GARCH

Hasil prediksi harga emas pada Gambar 5, membuktikan bahwa model GARCH yang digunakan untuk mensimulasikan pergerakan harga dengan dasar prediksi terhadap volatilitas pasar. Hasil prediksi harga yang dihasilkan oleh model ini menunjukkan deviasi yang cukup besar dibandingkan dengan data harga aktual, sehingga mengindikasikan adanya ketidaksesuaian dalam akurasi peramalan. Evaluasi model melalui metrik statistik seperti RMSE atau MSE menunjukkan performa yang kurang memuaskan, menandakan bahwa model belum mampu menangkap pola volatilitas dengan optimal dalam konteks data yang digunakan.

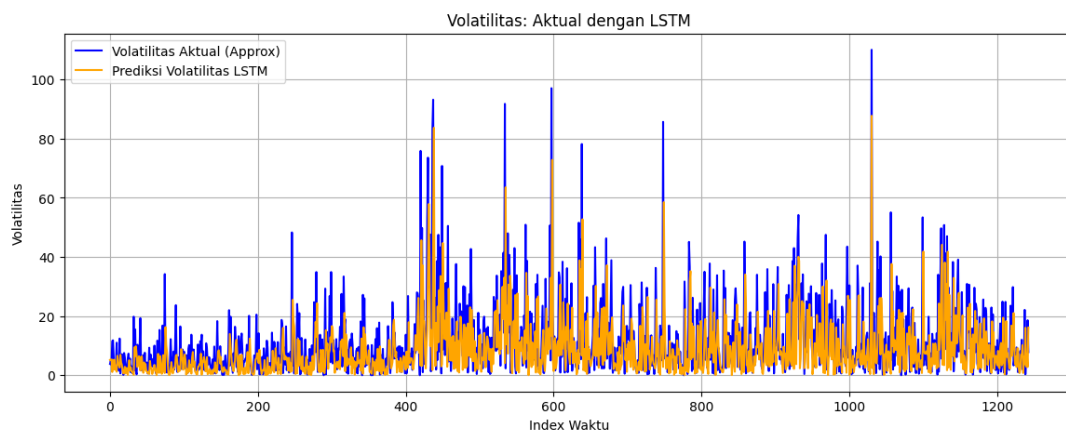
Tabel 2. Evaluasi Model dengan GARCH

Metrik Evaluasi	GARCH
RMSE	278.1541
MAE	231.3126
MAPE (%)	12.40%
R^2	-4.7735

Pada Tabel 2, Evaluasi model dengan GARCH menyatakan nilai R^2 adalah negatif yang menggambarkan bahwa model GARCH tidak sesuai untuk prediksi harga riil.

3.3 Hasil Prediksi Volatilitas Emas

3.3.1 Hasil Prediksi Volatilitas dengan LSTM



Gambar 6. Prediksi Volatilitas Aktual dengan LSTM

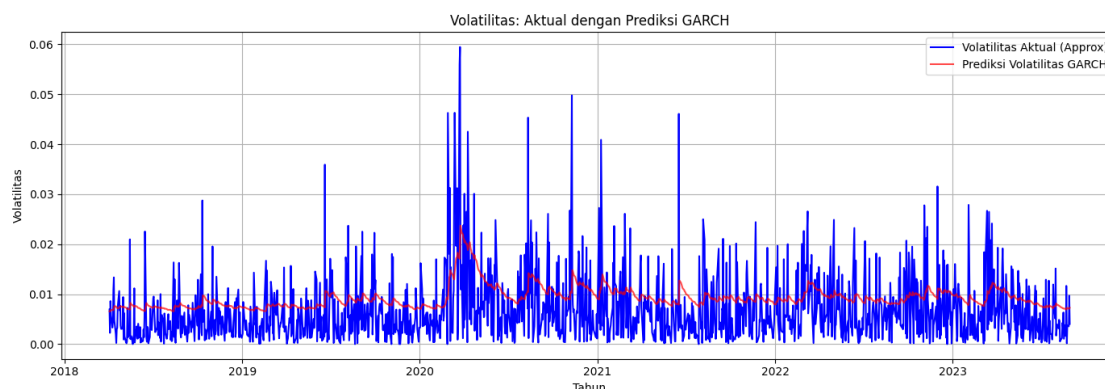
Berdasarkan Gambar 6, volatilitas LSTM dihitung berdasarkan selisih harga prediksi dari hari ke hari. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan volatilitas aktual yang dihitung dari perubahan absolut harga aktual. Hasil evaluasi ini, yaitu:

Tabel 3. Hasil Evaluasi LSTM

Metrik Evaluasi	GARCH
RMSE	14.4670
MAE	9.7037

Hasil Evaluasi pada Tabel 3, menunjukkan bahwa model LSTM tidak dirancang khusus untuk prediksi volatilitas, sehingga prediksi fluktuasi hariannya tidak sepresisi prediksi harga.

3.3.2 Hasil Prediksi Volatilitas dengan GARCH



Gambar 7. Prediksi Volatilitas Aktual dengan GARCH

Berdasarkan Gambar 7, model GARCH mempresentasikan kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi dinamika volatilitas pasar. Volatilitas yang dihasilkan model mendekati volatilitas aktual, dengan hasil evaluasi sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Evaluasi GARCH

Metrik Evaluasi	GARCH
RMSE	0.0071
MAE	0.0057

Hasil dari evaluasi GARCH pada Tabel 3, didapat nilai error yang sangat kecil. Hal ini membuktikan bahwa model GARCH terbukti efektif dalam estimasi ketidakpastian dan fluktuasi harga emas, sesuai dengan fungsi aslinya.

3.4 Pembahasan

Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, penelitian ini menghasilkan temuan sebagai berikut:

- LSTM terbukti efektif dalam memprediksi harga emas. Kemampuan LSTM dalam mengenali pola jangka panjang menjadikannya unggul dibandingkan model tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LSTM lebih baik dalam memprediksi harga emas karena mampu memahami pola data yang rumit dan bergantung pada periode waktu yang panjang.
- GARCH sangat unggul dalam memprediksi volatilitas dan ideal untuk analisis risiko. Model GARCH mampu mengidentifikasi perubahan harga yang tidak terduga dan tidak beraturan. Hal ini menjadikannya pilihan yang tepat untuk memodelkan volatilitas harga emas yang sangat dinamis dalam jangka pendek.

Kedua model memiliki kelebihan masing-masing dan dapat saling melengkapi jika digunakan bersamaan dalam pendekatan hibrida. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggabungkan kemampuan LSTM dalam memprediksi harga dan GARCH dalam memodelkan volatilitas, prediksi harga emas dan volatilitasnya menjadi lebih akurat dan menyeluruh.

- Penelitian ini mengisi gap dalam riset sebelumnya yang cenderung berfokus pada penggunaan satu model saja [1], [2], [4], [9], [11]. Dengan membandingkan metode LSTM dan GARCH, penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman akurasi prediksi harga dan volatilitas emas. Penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan satu model memiliki keterbatasan dalam mengatasi dinamika pasar yang lebih kompleks. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi baru dengan menunjukkan bahwa penggabungan kedua model ini dapat lebih efektif dalam memberikan prediksi yang lebih lengkap.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model LSTM lebih unggul dalam memprediksi harga emas harian secara langsung, sedangkan model GARCH lebih efektif dalam memodelkan volatilitas harga. Model LSTM dengan dua lapisan, 100 unit, dan dropout sebesar 20% memberikan hasil evaluasi yang baik, dengan nilai RMSE sebesar 17,2521, MAE 12,9861, MAPE 0,69%, dan R^2 sebesar 0,9668. Hal ini mengindikasikan bahwa LSTM mampu menangkap pola

jangka panjang dan kompleks dalam data deret waktu harga emas. Sebaliknya, model GARCH(1,1) tidak cocok untuk memprediksi harga langsung karena menghasilkan RMSE 278.1514, MAE 231.3126, MAPE 12.40%, dan R^2 -4.7735 yang negatif pada data ini. Namun, GARCH sangat baik dalam memodelkan volatilitas dengan RMSE 0.0071 dan MAE 0.0057. Sementara itu, LSTM kurang akurat untuk volatilitas, dengan RMSE 14.4670 dan MAE 9.7037. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan hasil dimana LSTM lebih unggul didalam memprediksi harga emas harian secara langsung, sedangkan GARCH memiliki keunggulan dalam memodelkan volatilitas dan ketidakpastian pasar. Kedua pendekatan memiliki kekuatan di bidangnya masing-masing dan tidak saling menggantikan, melainkan dapat saling melengkapi.

Sebagai implikasi dari temuan penelitian ini, disarankan integrasi variabel eksternal, seperti suku bunga, inflasi, dan indeks saham global, guna meningkatkan kedalaman analisis dan akurasi prediktif model. Penambahan data tersebut dapat memperluas cakupan analisis dan meningkatkan akurasi prediksi harga emas, terutama dalam menghadapi dinamika ekonomi global yang kompleks. Selain itu, penggabungan model secara *hybrid* juga direkomendasikan untuk menangani dinamika pasar yang kompleks serta memberikan pendekatan prediktif yang lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. F. Wijaya dan A. Triayudi, "Penerapan data mining pada prediksi harga emas dengan menggunakan algoritma regresi linear berganda dan ARIMA," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 5, no. 1, pp. 73–81, Nov. 2023.
- [2] S. Sholiha dan W. U. Dewi, "Penggunaan ARIMA Box-Jenskin dalam meramalkan harga emas Antam tahun 2025-2027 di Indonesia," *Sciencestatistics: Journal of Statistics, Probability, and Its Application*, vol. 2, no. 2, pp. 59–69, 2024.
- [3] I. P. A. Fadilah dan Zawawi, "Pengaruh penggunaan analisis fundamental terhadap pengambilan posisi transaksi dalam trading emas," *EKBIS (Ekonomi & Bisnis)*, vol. 12, no. 2, pp. 228–234, 2024.
- [4] W. Andriani, G. Gunawan, dan A. E. Prayoga, "Prediksi nilai emas menggunakan algoritma regresi linear," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 28, no. 1, pp. 27–35, 2023.
- [5] S. Setyowibowo, M. As'ad, S. Sujito, dan E. Farida, "Forecasting of daily gold price using ARIMA-GARCH hybrid model," *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, vol. 19, no. 2, pp. 257–270, 2022.
- [6] A. Mutiara, N. . Fitriyati, and M. Mahmudi, "ANALISIS LAJU PREDIKSI INFLASI DI INDONESIA: PERBANDINGAN MODEL GARCH/ARCH DENGAN LONG SHORT TERM MEMORY", *SCI TECH ED MATH*, vol. 5, no. 1, pp. 94–110, Apr. 2024.
- [7] N. Fatihara, N. S. H, S. Agustian, Yusra, dan I. Afrianty, "Komparasi Metode K-Nearest Neighbors dan Long Short Term Memory pada Klasifikasi Terjemahan Al-Qur'an," *ZONasi: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 332–345, Mei 2024.
- [8] C. A. Maharani, B. Warsito, and R. Santoso, "ANALISIS SENTIMEN VAKSIN COVID-19 PADA TWITTER MENGGUNAKAN RECURRENT NEURAL NETWORK (RNN) DENGAN ALGORITMA LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM)," *Jurnal Gaussian*, vol. 12, no. 3, pp. 403–413, Feb. 2024.
- [9] D. Lanasemba, "Implementasi Long-Short Term Memory (LSTM) untuk Generasi Feedback Berbahasa Indonesia pada Sistem Penilaian Esai," *Jurnal FASILKOM (teknologi inFormASi dan ILmu KOMputer)*, vol. 14, no. 1, 2024.
- [10] B. Jange, "Prediksi Volatilitas Indeks Harga Saham Gabungan Menggunakan GARCH," *ARBITRASE: Journal of Economics and Accounting*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, Jul. 2023.
- [11] D. Nugroho, O. Dimitrio, dan F. Tita, "The GARCH-X(1,1) Model with Exponentially Transformed Exogenous Variables," *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 12, no. 1, pp. 65–72, Apr. 2023.

- [12] E. Ivan and H. D. Purnomo, "FORECASTING PRICES OF FERTILIZER RAW MATERIALS USING LONG SHORT TERM MEMORY", *J. Tek. Inform. (JUTIF)*, vol. 3, no. 6, pp. 1663-1673, Dec. 2022.
- [13] I. Amansyah, J. Indra, E. Nurlaelasari, and A. R. Juwita, "Prediksi Penjualan Kendaraan Menggunakan Regresi Linear: Studi Kasus pada Industri Otomotif di Indonesia", *Innovative*, vol. 4, no. 4, pp. 1199–1216, Jul. 2024.
- [14] M. wolah, S. K. Nasib, A. Arsal, I. K. Hasan, Asriadi, and S. N. Abdussamad, "Pemilihan Metode Optimal Untuk Prediksi Angka Kemiskinan Di Provinsi Gorontalo: Perbandingan Double Exponential Smoothing dan Bayesian Structural Time Series", *Res. Math. Nat. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 74–89, Feb. 2025.
- [15] T. M. Siregar, E. N. Situngkir, J. J. Purba, M. K. Aulia, and R. N. Ramadhani, "Memprediksi Tingkat Pengangguran di Kota Medan dengan Model Regresi Non-Linier Kuadratik", *Innovative*, vol. 3, no. 2, pp. 8661–8670, Jun. 2023.
- [16] R. S. Andromeda dan N. A. S. Winarsih, "Performance Comparison of LSTM and GRU Methods in Predicting Cryptocurrency Closing Prices," *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 14, no. 1, pp. 1–6, 2025.



ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi

Is licensed under a [Creative Commons Attribution International \(CC BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)