

## ABSTRACT

### MULTIVARIATE TIME SERIES FORECASTING OF WORLD GOLD PRICES USING A HYBRID VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (VARIMA)–LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM) MODEL

By

**Lusi Dewi Sartika Sitorus**

World gold prices are one of the most important indicators in the global financial system, reflecting economic dynamics and monetary stability. Gold price data consisting of the Open, High, Low, and Close (OHLC) variables form a multivariate time series dataset that exhibits both linear and nonlinear patterns. This study aims to develop and compare the VARIMA model, the hybrid VARIMA–E\_LSTM model, and the hybrid VARIMA–EP\_LSTM model in forecasting world gold prices. The data used in this study are daily world gold price data from January 2021 to October 17, 2025, obtained from Yahoo Finance, with a total of 1,212 observations. The research methodology begins with stationarity testing using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test, followed by first-order differencing ( $d = 1$ ). The best VARIMA model obtained is VARIMA (1, 1, 1) based on the smallest BIC value. Furthermore, the residuals from the VARIMA model are used as input values for the E\_LSTM model to construct the hybrid model. Model performance is evaluated using RMSE, MAPE, and the Kolmogorov–Smirnov Goodness of Fit test. The results show that the VARIMA model achieves high accuracy in predicting historical data (MAPE of 0.1218%), but it is less capable of capturing nonlinear patterns in future forecasting. The hybrid VARIMA–E\_LSTM model shows improvement in capturing data patterns, while the hybrid VARIMA–EP\_LSTM model provides the best performance in forecasting the next 30 days by more accurately following gold price trends and patterns. Based on the Goodness of Fit test, the hybrid VARIMA–EP\_LSTM model is the best model for forecasting world gold prices.

**Keywords:** World gold price, Forecasting, VARIMA, LSTM, Hybrid model.

## ABSTRAK

### PERAMALAN *MULTIVARIATE TIME SERIES* HARGA EMAS DUNIA BERBASIS MODEL *HYBRID VECTOR AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (VARIMA) – LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM)*

Oleh

Lusi Dewi Sartika Sitorus

Harga emas dunia merupakan salah satu indikator penting dalam sistem keuangan global yang mencerminkan dinamika kondisi ekonomi dan stabilitas moneter. Data harga emas yang terdiri dari variabel *Open*, *High*, *Low*, dan *Close* (OHLC) membentuk data deret waktu multivariat yang memiliki pola linear dan nonlinear. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan membandingkan model VARIMA, model *hybrid* VARIMA–E\_LSTM, dan model *hybrid* VARIMA–EP\_LSTM dalam peramalan harga emas dunia. Data yang digunakan adalah data harga emas dunia harian dari Januari 2021 hingga 17 Oktober 2025, yang diperoleh dari *Yahoo Finance*, dengan total 1.212 pengamatan. Metode penelitian dimulai dengan uji stasioneritas menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) dan melakukan *differencing* satu kali ( $d = 1$ ). Model VARIMA terbaik yang diperoleh adalah VARIMA (1, 1, 1) berdasarkan nilai BIC terkecil. Selanjutnya, residual dari model VARIMA digunakan sebagai nilai *input* untuk model E\_LSTM untuk membentuk model *hybrid*. Evaluasi model dilakukan menggunakan RMSE, MAPE, dan uji kesesuaian *Kolmogorov–Smirnov*. Hasil menunjukkan bahwa model VARIMA memiliki akurasi tinggi dalam memprediksi data historis (MAPE 0,1218%), tetapi kurang mampu menangkap pola nonlinear dalam peramalan ke depan. Model *hybrid* VARIMA–E\_LSTM menunjukkan peningkatan dalam menangkap pola data, sementara model *hybrid* VARIMA–EP\_LSTM memberikan kinerja terbaik dalam peramalan 30 hari ke depan dengan kemampuan untuk mengikuti pola dan tren harga emas secara lebih akurat. Berdasarkan uji *Goodness of Fit*, model *hybrid* VARIMA–EP\_LSTM adalah model terbaik untuk meramalkan harga emas dunia.

**Kata-kata kunci:** Harga emas dunia, Peramalan, VARIMA, LSTM, Model *hybrid*.