

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pemodelan, pengujian, dan evaluasi yang telah dilakukan pada prediksi harga emas Antam menggunakan metode *Hybrid* ARIMAX-GRU, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa harga emas Antam selama periode penelitian mengalami pergerakan yang fluktuatif dengan perubahan harga pada beberapa periode. Berdasarkan pengujian stasioneritas, data harga emas pada tingkat level belum memenuhi kondisi stasioner sehingga diperlukan proses *differencing* orde pertama. Setelah dilakukan *differencing*, data telah memenuhi kondisi stasioner dan dapat digunakan dalam proses pemodelan ARIMAX.
2. Model *Hybrid* ARIMAX-GRU berhasil dibangun dengan ARIMAX sebagai model untuk memodelkan struktur linear dan variabel eksogen berupa kurs dan suku bunga, serta GRU untuk memodelkan *residual* ARIMAX. Berdasarkan hasil pengujian parameter, variabel kurs menunjukkan signifikansi dalam model, sedangkan variabel suku bunga tidak menunjukkan signifikansi pada tingkat signifikansi 5%. Hasil pengujian *residual* menunjukkan bahwa *residual* tidak memiliki autokorelasi sehingga memenuhi karakteristik *white noise*. Namun, *residual* masih menunjukkan ketidaknormalan dan heteroskedastisitas.
3. Model *Hybrid* ARIMAX-GRU menghasilkan kinerja prediksi yang lebih baik dibandingkan model ARIMAX tunggal pada data pengujian. Berdasarkan hasil evaluasi dengan skema *rolling one-step-ahead*, model ARIMAX menghasilkan nilai RMSE sebesar Rp43.275,73, MAE sebesar Rp16.195,22, dan MAPE sebesar 0,751%. Sementara itu, model *Hybrid* ARIMAX-GRU menghasilkan RMSE sebesar Rp40.449,14, MAE sebesar Rp15.213,46, dan MAPE sebesar 0,721%. Dengan demikian, *Hybrid*

4. ARIMAX-GRU mampu menurunkan nilai kesalahan prediksi dibandingkan ARIMAX pada ketiga metrik evaluasi. Namun, berdasarkan perbandingan dengan seluruh model *benchmark*, *Hybrid* ARIMAX-GRU belum menghasilkan kinerja terbaik pada seluruh metrik. ARIMA menghasilkan RMSE terendah sebesar Rp40.139,82, sedangkan *Naive/Random Walk* menghasilkan MAE terendah sebesar Rp15.163,88 dan MAPE terendah sebesar 0,720%. Oleh karena itu, *Hybrid* ARIMAX-GRU menunjukkan perbaikan dibandingkan ARIMAX, tetapi belum menjadi model dengan kinerja terbaik secara keseluruhan pada data pengujian.
5. Model *Hybrid* ARIMAX-GRU telah berhasil diimplementasikan ke dalam sistem prediksi harga emas berbasis *Graphical User Interface* (GUI) menggunakan Streamlit. Sistem menyediakan fitur untuk mengunggah data, menjalankan proses prediksi, menampilkan hasil prediksi dalam bentuk grafik dan tabel, serta menampilkan evaluasi data historis berupa perbandingan harga aktual dan hasil prediksi. Dengan demikian, sistem yang dibangun dapat digunakan untuk menyajikan hasil prediksi dan evaluasi model secara lebih terstruktur.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa *hybrid* ARIMAX-GRU memberikan kinerja prediksi yang lebih baik dibandingkan ARIMAX tunggal. Hal tersebut ditunjukkan oleh penurunan nilai RMSE, MAE, dan MAPE pada model *hybrid*. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi ARIMAX dan GRU dapat digunakan untuk memanfaatkan kemampuan ARIMAX dalam memodelkan pola deret waktu dan variabel eksogen, sekaligus memanfaatkan GRU untuk memodelkan pola yang belum dapat dijelaskan oleh model ARIMAX.

5.2 Saran Pengembangan

Berdasarkan hasil penelitian serta keterbatasan yang ditemukan selama proses pemodelan dan implementasi sistem, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Pengembangan dapat diarahkan pada peningkatan informasi yang digunakan dalam pemodelan, penyempurnaan

konfigurasi model, pengujian pada kondisi data yang lebih beragam, serta peningkatan kemampuan sistem. Adapun saran pengembangan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan variabel eksogen lain yang relevan terhadap pergerakan harga emas serta menguji metode *deep learning* atau pendekatan *hybrid* lainnya untuk membandingkan kinerja model.
2. Melakukan pengembangan dan pengujian terhadap konfigurasi model GRU. Pengembangan dapat dilakukan dengan menguji variasi *time step*, jumlah unit GRU, jumlah lapisan, *dropout*, serta parameter pelatihan lainnya. Pengujian tersebut dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi GRU yang memberikan kinerja terbaik berdasarkan hasil pengujian dalam memodelkan *residual* harga emas.
3. Membandingkan *Hybrid* ARIMAX-GRU dengan pendekatan pemodelan lainnya. Penelitian selanjutnya dapat membandingkan model yang digunakan dengan pendekatan lain seperti ARIMAX-LSTM, ARIMA-LSTM, LSTM, GRU, maupun model *deep learning* lainnya. Perbandingan tersebut dapat memberikan gambaran mengenai kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode dalam menghasilkan prediksi harga emas.
4. Memperluas periode dan karakteristik data yang digunakan. Penggunaan data dengan periode yang lebih panjang dapat memberikan jumlah observasi dan variasi kondisi pasar yang lebih banyak. Dengan demikian, model dapat diuji pada kondisi harga yang relatif stabil maupun pada periode ketika terjadi kenaikan atau penurunan harga yang signifikan, sehingga kemampuan model dalam mengenali pola yang berbeda dapat diketahui dengan lebih baik.
5. Mengembangkan sistem agar dapat menggunakan data terbaru secara berkala. Sistem yang telah dibangun dapat dikembangkan dengan mekanisme pembaruan data secara otomatis atau berkala. Dengan adanya pembaruan data, pengguna dapat melakukan prediksi berdasarkan kondisi

data terbaru tanpa harus selalu melakukan pengunggahan data secara manual.

6. Menambahkan informasi mengenai ketidakpastian hasil prediksi. Selain menghasilkan satu nilai prediksi, sistem selanjutnya dapat dikembangkan dengan menampilkan *prediction interval* atau ukuran ketidakpastian lainnya. Informasi tersebut dapat memberikan gambaran mengenai rentang kemungkinan nilai harga emas pada periode yang diprediksi sehingga hasil prediksi dapat diinterpretasikan secara lebih lengkap.
7. Menguji konsistensi model pada periode dan kondisi pasar yang berbeda. Pengujian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan beberapa periode pengujian dengan karakteristik pergerakan harga yang berbeda. Hal ini diperlukan untuk mengetahui konsistensi kinerja *Hybrid* ARIMAX-GRU ketika diterapkan pada kondisi pasar yang berbeda serta untuk memperoleh gambaran yang lebih baik mengenai kemampuan generalisasi model.