

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai model *hybrid Vector Autoregressive-Neural Network* (VAR-NN) untuk prediksi nilai ekspor migas Indonesia berdasarkan harga minyak dunia dan nilai tukar (kurs), diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model *hybrid* VAR-NN terbukti menghasilkan akurasi prediksi yang lebih baik dibandingkan model VAR tunggal pada seluruh konfigurasi *rolling window* yang diuji. Pada konfigurasi *window*=6 yang dipilih sebagai konfigurasi final, model *hybrid* VAR-NN menghasilkan MAPE sebesar 6,76%, RMSE sebesar 105,308, dan MSE sebesar 11.089,81 seluruhnya lebih kecil dibandingkan model VAR tunggal yang menghasilkan MAPE 6,92%, RMSE 108,36, dan MSE 11.742,29. Keunggulan model *hybrid* ini dikonfirmasi oleh kemampuan komponen Neural Network dalam menangkap pola nonlinear pada residual VAR yang tidak dapat dijelaskan oleh struktur linear semata, sehingga prediksi akhir yang dihasilkan lebih akurat dan adaptif terhadap kompleksitas dinamika ekspor migas Indonesia.
2. Model *hybrid* VAR-NN yang dibangun dalam penelitian ini menunjukkan performa yang baik dalam memprediksi nilai ekspor migas Indonesia dengan MAPE sebesar 6,76% pada data pengujian periode September 2024 hingga Agustus 2025. Model ini dibangun melalui serangkaian tahapan yang sistematis, meliputi penerapan *rolling window smoothing* dengan *window*=6 sebagai pra-pemrosesan, pengujian stasioneritas menggunakan uji ADF dengan diferensiasi orde pertama, penentuan lag optimal VAR(13) berdasarkan analisis PACF dan kriteria AIC, estimasi parameter VAR(13) menggunakan OLS, ekstraksi residual VAR sebagai input Neural Network, pembentukan fitur *residual lagged value* secara selektif per variabel berdasarkan analisis PACF residual (lag ke-18 untuk Nilai_Ekspor dan Harga_Minyak, serta lag ke-18 untuk Kurs), dan *hyperparameter tuning* Neural Network menggunakan

Grid Search dengan *Time Series Cross Validation*. Arsitektur Neural Network terbaik yang diperoleh adalah (8,4) neuron untuk Harga_Minyak dan Kurs, serta (16,8) neuron untuk Nilai_Ekspor, seluruhnya menggunakan fungsi aktivasi *logistic* dan *learning rate* 0,01 untuk Harga_Minyak dan Kurs serta 0,005 untuk Nilai_Ekspor.

3. Model *hybrid* VAR-NN yang telah dibangun diimplementasikan dalam *dashboard* menggunakan *Streamlit* untuk mendukung visualisasi hasil prediksi dan mempermudah pemanfaatan informasi bagi pengambil keputusan. *Dashboard* ini memungkinkan pengguna untuk melihat hasil prediksi nilai ekspor migas Indonesia secara interaktif, termasuk perbandingan antara prediksi model VAR dan model *hybrid* VAR-NN, serta proyeksi 6 bulan ke depan yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pengambilan keputusan di sektor energi dan perdagangan

5.2. Saran Pengembangan

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan dalam proses analisa dan evaluasi model, penelitian berikut merumuskan beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar menghasilkan pemodelan yang lebih presisi:

1. Penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu nilai ekspor migas, harga minyak dunia, dan nilai tukar. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan variabel makroekonomi lain yang relevan seperti volume produksi migas domestik, harga gas alam, indeks produksi industri, atau harga komoditas energi substitusi, untuk meningkatkan kemampuan model dalam menangkap dinamika ekspor migas yang lebih komprehensif.
2. Penelitian ini mendeteksi adanya heteroskedastisitas pada residual model VAR(13), yang mengindikasikan bahwa varians residual tidak konstan sepanjang waktu. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan model GARCH atau variannya sebagai pengganti atau pelengkap Neural Network dalam memodelkan komponen volatilitas residual yang bersifat *time-*

varying, sehingga dapat menangkap struktur varians yang berubah-ubah dengan lebih tepat.

3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan data dengan menambah jumlah observasi, sehingga memungkinkan eksplorasi arsitektur yang lebih canggih seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) atau *Gated Recurrent Unit* (GRU) yang dirancang khusus untuk data deret waktu dan berpotensi menangkap dependensi jangka panjang pada residual dengan lebih efektif.
4. Penentuan konfigurasi *rolling window* dalam penelitian ini dilakukan melalui perbandingan pada beberapa konfigurasi. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan pendekatan yang lebih sistematis dan otomatis dalam pemilihan *window* optimal, misalnya menggunakan metode *cross-validation* berbasis deret waktu atau optimasi berbasis *Bayesian*.