

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem prediksi curah hujan berbasis web untuk wilayah Yogyakarta menggunakan algoritma *Machine Learning XGBoost*. Berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan utama dapat ditarik:

1. Model Terbaik: Model *XGBoost* (konfigurasi *default*) menunjukkan performa terbaik dibandingkan dengan *Random Forest*, LSTM, dan ARIMA. Model ini mencapai nilai RMSE sebesar 0.0832, MAPE sebesar 57.81%, dan R^2 Score sebesar 0.8097. Angka R^2 Score yang tinggi (mendekati 0.81) menunjukkan bahwa model ini mampu menjelaskan sebagian besar variasi data curah hujan dengan sangat baik, serta memiliki efisiensi komputasi yang tinggi. Selain itu, model *XGBoost* dengan tuning parameter juga diuji dan menghasilkan RMSE sebesar 0.0937, MAPE sebesar 24.57%, dan R^2 Score sebesar 0.7586, yang menunjukkan bahwa meskipun tuning menurunkan R^2 sedikit, tingkat kesalahan prediksinya secara proporsional justru membaik.
2. Kemampuan Prediksi Cuaca Ekstrem: Model *XGBoost* Tuning mampu mendeteksi kejadian cuaca ekstrem dengan akurasi sebesar 91.67%. Hal ini menunjukkan potensi besar model dalam memberikan peringatan dini untuk mitigasi bencana terkait curah hujan tinggi.
3. Fleksibilitas Resolusi Waktu: Sistem yang dikembangkan mendukung prediksi curah hujan dalam tiga resolusi waktu (harian, 3 harian, dan bulanan), yang memungkinkan pengguna untuk menganalisis pola cuaca pada skala yang berbeda sesuai kebutuhan, mulai dari perencanaan jangka pendek hingga strategis.
4. Antarmuka Pengguna Interaktif: Implementasi *dashboard* menggunakan *Streamlit* berhasil menyediakan antarmuka yang intuitif

dan interaktif, memudahkan pengguna untuk mengunggah data, melihat hasil prediksi, klasifikasi intensitas hujan, serta visualisasi data (grafik).

5.2 SARAN

Berdasarkan temuan dan keterbatasan dalam penelitian ini, beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan Akurasi MAPE: Meskipun model *XGBoost default* memiliki R^2 Score yang sangat baik (0.8097), nilai MAPE-nya masih relatif tinggi sebesar 57.81%, yang mengindikasikan deviasi persentase yang signifikan, terutama pada nilai curah hujan yang sangat rendah atau sangat tinggi. Namun, pada model *XGBoost* hasil tuning, nilai MAPE dapat ditekan hingga 24.57% meskipun R^2 sedikit menurun menjadi 0.7586. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih mengoptimalkan kombinasi parameter agar dapat menurunkan MAPE tanpa mengorbankan akurasi model secara keseluruhan.
2. Penambahan Fitur Eksternal: Mengintegrasikan fitur-fitur eksternal yang mungkin memengaruhi pola cuaca di Yogyakarta, seperti data El Niño/La Niña, indeks osilasi Madden-Julian (MJO), atau data topografi, untuk meningkatkan akurasi prediksi, terutama untuk kejadian ekstrem.
3. Validasi Data Lebih Lanjut: Melakukan validasi model dengan data dari stasiun BMKG lain di sekitar Yogyakarta atau dari periode waktu yang lebih panjang untuk memastikan generalisasi model yang lebih baik.
4. Optimasi *Hyperparameter* Otomatis: Menerapkan metode optimasi *hyperparameter* yang lebih canggih seperti *Bayesian Optimization*, *Random Search*, atau *Tree-structured Parzen Estimator (TPE)* untuk menemukan konfigurasi model terbaik secara otomatis. Pendekatan ini sangat berguna terutama untuk model kompleks seperti LSTM yang sensitif terhadap parameter seperti jumlah *neuron*, *learning rate*, *batch size*, dan *epoch*, agar didapatkan performa model yang optimal dengan waktu komputasi yang lebih efisien.