

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai prediksi kecepatan angin di BMKG Juanda menggunakan model *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan *Temporal Convolutional Network* (TCN), diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses optimasi *hyperparameter* menggunakan Optuna berhasil meningkatkan performa kedua model, terutama dalam penentuan parameter optimal seperti jumlah neuron, batch size, dan learning rate.
2. Berdasarkan hasil evaluasi, model TCN menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan LSTM, dengan nilai MAE sebesar 0.9788, RMSE sebesar 1.2836, dan MAPE sebesar 19.91%. Sedangkan LSTM memperoleh MAE sebesar 1.0296, RMSE sebesar 1.3137, dan MAPE sebesar 21.31%.
3. Hasil *forecasting* menunjukkan bahwa nilai prediksi model TCN lebih mendekati pola aktual dan menghasilkan nilai yang lebih stabil dibandingkan LSTM.
4. Dengan demikian, model TCN yang dioptimasi menggunakan Optuna dinilai lebih akurat dan efisien dalam memprediksi kecepatan angin di wilayah BMKG Juanda, serta berpotensi diimplementasikan untuk sistem prediksi kecepatan angin berbasis kecerdasan buatan.
5. Hasil penelitian ini juga menunjukkan peningkatan performa dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Dalam penelitian tersebut, model RNN mampu mengikuti pola umum data aktual dengan baik dan menghasilkan nilai *loss* serta *MSE* yang rendah (0,0503), namun memiliki nilai MAPE yang sangat tinggi (8.835.598) akibat ketidakmampuan model menangkap fluktuasi ekstrem pada data kecepatan angin. Sementara itu, model TCN dalam penelitian ini mampu menghasilkan nilai galat yang jauh lebih rendah dan stabil, sehingga menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menangani variabilitas data serta menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan realistik.

5.2. Saran Pengembangan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, penulis menyadari bahwa masih terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini yang dapat diperbaiki atau dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian di masa mendatang adalah sebagai berikut:

1. Pengayaan Data dan Variabel

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variabel meteorologis lain seperti suhu udara, kelembapan, dan curah hujan agar model dapat mempelajari hubungan multivariat yang lebih kompleks terhadap kecepatan angin.

2. Perluasan Wilayah Kajian

Model yang dikembangkan pada penelitian ini hanya diterapkan pada data dari BMKG Juanda. Untuk meningkatkan generalisasi, penelitian berikutnya dapat memperluas wilayah analisis ke beberapa stasiun BMKG lain di Indonesia agar performa model dapat dibandingkan antarwilayah.

3. Pengembangan Arsitektur Model

Penelitian mendatang dapat mengembangkan model hybrid yang menggabungkan keunggulan TCN dan LSTM, atau menerapkan arsitektur Transformer maupun Informer yang memiliki mekanisme attention, sehingga model mampu menangkap pola temporal yang lebih kompleks.

4. Eksperimen dengan Teknik Optimasi Lain

Meskipun penelitian ini menggunakan Optuna sebagai metode optimasi *hyperparameter* yang efisien, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi metode optimasi lain seperti *Bayesian Optimization*, *Grid Search*, atau *Genetic Algorithm* untuk membandingkan efektivitas dan waktu komputasinya terhadap Optuna.