

BAB V

PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan dan saran yang diperoleh dari proses implementasi model LSTM-*CatBoost* dengan optimasi *Optuna* untuk memprediksi harga bawang merah di Kota Probolinggo. Pembahasan dalam bab ini mencakup kesimpulan dari hasil akhir penelitian yang dapat diambil dan saran yang mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai topik dan metode yang diterapkan. Hasil dan kesimpulan yang diperoleh diharapkan mampu memberikan kontribusi pada bidang terkait, sementara saran yang disampaikan dapat dijadikan acuan atau referensi bagi penelitian lanjutan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi model LSTM-*CatBoost* dengan optimasi *Optuna* untuk memprediksi harga bawang merah di Kota Probolinggo, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Model LSTM-*CatBoost* dengan optimasi *Optuna* berhasil dikembangkan dan diterapkan secara efektif untuk memprediksi harga bawang merah di Kota Probolinggo dengan menggabungkan dua jenis data yang berbeda, yaitu data *time-series* dan *non-time series*, di mana model LSTM digunakan untuk menangkap pola temporal dari data historis *time-series* dengan tipe data numerik, sedangkan *CatBoost* berperan dalam mengolah variabel dengan tipe data kategorikal serta memperkuat kemampuan model dalam mengenali faktor eksternal yang memengaruhi harga. Selain itu, optimasi *Optuna* berperan penting dalam melakukan pencarian kombinasi *hyperparameter* yang paling sesuai bagi kedua model tersebut melalui proses optimasi berbasis *Tree-structured Parzen Estimator (TPE)*, sehingga konfigurasi *hyperparameter* pada model yang dihasilkan mampu meningkatkan kestabilan pelatihan dan ketepatan hasil prediksi.
2. Proses optimasi *hyperparameter* menggunakan *Optuna* terbukti mampu meningkatkan akurasi dan stabilitas hasil prediksi, dengan menghasilkan konfigurasi *hyperparameter* terbaik secara otomatis, di mana performa model meningkat dengan nilai MAE sebesar 0.017831, RMSE sebesar 0.029236,

MAPE sebesar 6%, dan R^2 sebesar 0.956387. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses optimasi dengan *Optuna* membantu model LSTM-*CatBoost* untuk memperoleh kombinasi konfigurasi *hyperparameter* yang lebih sesuai terhadap pola data harga bawang merah, sehingga model mampu memprediksi fluktuasi harga dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah.

3. Model LSTM-*CatBoost* dengan optimasi *Optuna* yang diterapkan pada *interface* pengguna berbasis *website* berhasil menangkap pola fluktuasi harga secara stabil dan konsisten, termasuk tren kenaikan, penurunan, dan fase stabil. Grafik nilai prediksi yang didapat menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan dinamika harga tanpa membuat lonjakan yang tidak realistis, yang dapat digunakan sebagai alat bantu analisis untuk memahami pergerakan harga bawang merah, serta mendukung pengambilan keputusan terkait pengendalian pasokan dan kebijakan harga.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil akhir penelitian yang telah didapat, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Penambahan variabel eksternal seperti data distribusi, volume ekspor-impor, dan harga pupuk atau bahan bakar yang dapat digunakan untuk memperkaya fitur yang dipelajari oleh model sehingga prediksi harga menjadi lebih komprehensif dan akurat.
2. Perluasan cakupan *dataset* dengan menambah rentang waktu data hingga tahun terbaru agar model dapat menyesuaikan diri dengan kondisi ekonomi dan iklim saat ini.
3. Pengembangan sistem antarmuka (UI) dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur notifikasi prediksi harga, laporan otomatis, serta integrasi dengan data pasar lokal agar sistem dapat dimanfaatkan secara langsung oleh petani dan pemerintahan selaku pengambil kebijakan.