

BAB V PENUTUP

Pada bab kesimpulan dan saran ini, dipaparkan rangkuman hasil penelitian secara menyeluruh yang telah dilaksanakan, serta disajikan berbagai rekomendasi yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian pada masa yang akan datang

5.1 Kesimpulan

Untuk prediksi *log return* harian ($t+1$), hasil pengujian model *Bi-LSTM* pada penelitian ini menunjukkan kinerja yang baik berdasarkan evaluasi pada data uji. Penentuan konfigurasi terbaik dilakukan melalui *ablation study* dengan pendekatan *leave one group out* untuk melihat dampak setiap kelompok fitur terhadap performa model. Berdasarkan tabel *ablation study* regresi *log return*, performa optimal diperoleh pada *window* = 120 dengan skenario FULL – G2 (tanpa kelompok fitur momentum: MACD/RSI). Pada konfigurasi ini, model menghasilkan RMSE = 0,026078, MAE = 0,018583, dan MAPE = 0,01856 (\approx 1,856%). Nilai RMSE sebesar 0,026078 menunjukkan bahwa rata-rata deviasi prediksi *log return* model terhadap nilai aktual berada pada kisaran 0,026 atau sekitar 2,6%. Sementara itu, MAE sebesar 0,018583 menunjukkan bahwa rata-rata selisih absolut prediksi model terhadap *log return* aktual berada pada kisaran 0,018 atau sekitar 1,8% tanpa memperhatikan arah kesalahan. Nilai RMSE yang tidak jauh berbeda dengan MAE mengindikasikan bahwa model tidak menghasilkan banyak error ekstrem selama pengujian. Selain itu, MAPE dihitung setelah *log return* direkonstruksi kembali menjadi harga sehingga dapat menggambarkan kesalahan relatif harga dalam bentuk persentase yang lebih mudah dipahami. Hal ini dapat diperjelas melalui perbandingan dengan rata-rata harga *Bitcoin* pada periode 2015–2024 yang diperoleh dari rata-rata nilai tengah harga harian ($Open + Close$)/2, yaitu sebesar \$21.277,18. Berdasarkan nilai tersebut, MAPE sebesar 1% merepresentasikan estimasi rata-rata kesalahan sekitar \$212,77, sedangkan MAPE sebesar 2% merepresentasikan estimasi rata-rata kesalahan sekitar \$425,54. Dengan kata lain, error yang dihasilkan model sebesar 1% sampai 2% berada pada

kisaran sekitar **\$212,77 sampai \$425,54** dari rata-rata harga *Bitcoin* selama periode penelitian, sehingga rata-rata penyimpangan prediksi masih relatif kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata harga *Bitcoin* tersebut.

Untuk **prediksi arah pergerakan (*directional*)**, pengujian dilakukan menggunakan horizon **t+30** dengan pertimbangan bahwa prediksi arah dalam jangka sangat pendek (**t+1**) cenderung dipengaruhi *noise* sehingga sinyal yang dihasilkan kurang stabil, sementara *horizon* yang lebih panjang diharapkan menghasilkan prediksi yang lebih “*confident*” dan mencerminkan kecenderungan pergerakan yang lebih jelas. Berdasarkan tabel *ablation study directional*, hasil terbaik pada data uji diperoleh pada **window = 60** dengan skenario **FULL – G3** (tanpa kelompok fitur volatilitas/range), yang menghasilkan ***Directional Accuracy* = 1,0000 (100%)**. Hasil ini diperkuat oleh ***Confusion Matrix*** dengan nilai **TP = 26, TN = 26, FP = 0, dan FN = 0**, yang menunjukkan bahwa seluruh prediksi arah pada data uji sesuai dengan label aktual tanpa kesalahan klasifikasi. Dengan demikian, pada horizon t+30, model mampu mengklasifikasikan arah naik/turun secara sangat tepat pada konfigurasi terbaik berdasarkan pengujian.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model *Bi-LSTM* memiliki performa optimal yang berbeda untuk masing-masing tujuan prediksi, yaitu **window 120** untuk tugas regresi log return (t+1) dan **window 60** untuk tugas klasifikasi arah (t+30). Temuan ini menegaskan bahwa konfigurasi parameter dan komposisi fitur yang efektif dapat bervariasi tergantung pada *horizon* serta jenis keluaran yang diprediksi. Oleh karena itu, dalam konteks penelitian ini, model *Bi-LSTM* dapat dinyatakan mampu memberikan prediksi kuantitatif perubahan harian yang cukup akurat melalui log return t+1 yang ditunjukkan oleh RMSE, MAE, dan MAPE. Selain itu, juga menghasilkan sinyal arah yang lebih kuat ketika horizon diperpanjang menjadi t+30 untuk memperoleh prediksi yang lebih stabil dan “*confident*”, sebagaimana ditunjukkan oleh *Directional Accuracy* dan pola pada *Confusion Matrix*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya, antara lain sebagai berikut :

1. Karena penelitian ini menunjukkan konfigurasi optimal yang berbeda untuk regresi *log return* (t+1) dan klasifikasi arah (t+30), penelitian lanjutan dapat mengembangkan pendekatan “dua jalur” (*dual-setup*), yaitu konfigurasi model dan fitur yang memang dirancang khusus sesuai tujuan: satu untuk prediksi nilai (*log return*) dan satu untuk prediksi arah yang lebih “*confident*”. Pendekatan ini berpotensi meningkatkan efisiensi pemodelan sekaligus mempertahankan performa terbaik pada masing-masing tugas.
2. Hasil *ablation study* dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk menyusun *feature set final* yang lebih ringkas namun tetap efektif. Penelitian berikutnya dapat melakukan *feature pruning* pada kelompok fitur yang tidak meningkatkan performa pada konfigurasi terbaik, sehingga model menjadi lebih sederhana, lebih cepat dilatih, dan lebih mudah diinterpretasikan tanpa mengorbankan akurasi.
3. Selain *Directional Accuracy* dan *Confusion Matrix*, penelitian selanjutnya dapat menambahkan metrik seperti *precision*, *recall*, dan *F1-score* agar kualitas prediksi arah terlihat lebih komprehensif, terutama untuk memastikan keseimbangan performa pada kelas “naik” dan “turun”. Ini akan membantu memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai karakter sinyal yang dihasilkan model.