BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cryptocurrency telah menjadi aset digital yang semakin populer dalam dekade terakhir, dengan kapitalisasi pasar global mencapai lebih dari $2,5 triliun pada tahun 2024. Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), dan Binance Coin (BNB) merupakan tiga *cryptocurrency* dengan kapitalisasi pasar terbesar yang menguasai lebih dari 60% total pasar [1]. Meskipun menawarkan potensi keuntungan yang signifikan, pasar *cryptocurrency* dikenal sangat volatil dengan fluktuasi harga yang ekstrem, membuat prediksi harga menjadi tantangan tersendiri bagi investor dan *inference speed* [2].

Dalam konteks prediksi harga *cryptocurrency*, berbagai pendekatakan telah dikembangkan mulai dari metode statistik tradisional hingga algoritma *machine learning* dan *deep learning* modern [3]. Penelitian oleh Ariwibowo mengenai analisis kinerja algoritma *machine learning* dalam prediksi harga *cryptocurrency* menunjukkan bahwa model seperti Random Forest, XGBoost, dan ElasticNet masih menghasilkan *error* yang relatif rendah dengan tingkat kesalahan prediksi (MAPE) yang tinggi [4]. Hal ini mengindikasikan perlunya eksplorasi terhadap algoritma alternatif yang lebih optimal untuk menangani karakteristik non-stasioner dan volatilitas tinggi pada data *cryptocurrency* [5].

Model AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) merupakan metode statistik klasik yang telah lama digunakan untuk analisis *time series* dan terbukti efektif dalam prediksi data finansial yang stabil [6]. Penelitian Rahmi mengenai perbandingan model ARIMA dan LSTM dalam peramalan harga penutupan saham menunjukkan bahwa ARIMA memberikan hasil yang baik untuk data dengan pola trend linear, namun memiliki keterbatasan dalam menangani data dengan volatilitas tinggi dan perubahan harga yang drastis[7]. Meskipun ARIMA banyak digunakan dalam prediksi saham, penerapannya untuk *cryptocurrency* masih terbatas dan memerlukan evaluasi lebih lanjut mengingat karakteristik pasar

crypto yang berbeda signifikan dari pasar saham tradisional [8].

Di sisi lain, algoritma *machine learning* seperti XGBoost telah menunjukkan performa yang menjanjikan dalam berbagai aplikasi prediksi *time series*. XGBoost merupakan algoritma *ensemble learning* berbasis *gradient boosting* yang mampu menangani data dengan dimensi tinggi dan interaksi fitur yang kompleks [9]. Penelitian terkini menunjukkan bahwa XGBoost dapat mengungguli model statistik tradisional dalam prediksi harga *cryptocurrency* ketika dikombinasikan dengan *feature engineering* yang tepat, termasuk indikator teknikal dan data *on-chain* [10].

Perkembangan terkini dalam bidang *deep learning* memperkenalkan arsitektur *hybrid* yang menggabungkan Convolutional Neural Network (CNN) dan *Bidirectional* Long Short-Term Memory (BiLSTM) untuk prediksi *time series* finansial [11]. Penelitian oleh Diash et al. Mengenai penerapan algoritma CNN-BiLSTM untuk prediksi harga ethereum menunjukkan hasil yang menjanjikan dengan MAPE sebesar 2,85%, jauh lebih baik dibandingkan LSTM (6,89%) dan BiLSTM (22,64%) [12]. Arsitektur CNN-BiLSTM memanfaatkan kemampuan CNN dalam ekstraksi fitur spasial dan BiLSTM dalam menangkap dependensi temporal *bidirectional*, sehingga mampu memodelkan pola kompleks pada data *cryptocurrency* dengan lebih akurat.

Meskipun terdapat berbagai penelitian terkait prediksi harga *cryptocurrency*, penelitian komprehensif yang membandingkan ketika model – statistik (ARIMA), *machine learning* (XGBoost), dan *deep learning* (CNN-BiLSTM) masih terbatas, khususnya dalam konteks pasar *cryptocurrency*. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komparatif terhadap tiga model prediksi harga cryptocurency: ARIMA sebagai representasi pendekatan statistik klasik, XGBoost sebagai representasi *machine learning*, dan CNN-BiLSTM sebagai representasi *deep learning* modern. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengidentifikasi model terbaik untuk prediksi harga *cryptocurrency* ditinjau dari berbagai aspek evaluasi, serta memberikan *insight* praktis bagi investor, *inference speed*, dan peneliti dalam memilih metode prediksi yang sesuai dengan kebutuhan dan *resource* yang tersedia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagian besar penelitian saat ini hanya berfokus pada satu jenis aset kripto dan menggunakan fitur yang terbatas pada data OHLC tanpa penambahan indikator teknikal atau derivatif.
2. Belum terdapat studi komparatif komprehensif yang membandingkan performa model ARIMA, XGBoost, dan CNN-BiLSTM dalam prediksi harga *cryptocurrency* ditinjau dari aspek fungsional (*error*, MAPE, R^2, RMSE) dan non-fungsional (*training time*, *inference speed*).
3. Belum diketahui secara empiris model mana yang paling optimal untuk prediksi harga *cryptocurrency* dengan mempertimbangkan trade-off antara *error* prediksi dan efisiensi komputasi.

1.3. Batasan Penelitian

Penelitian ini fokus pada analisis komparatif model prediksi harga *cryptocurrency* dengan batasan sebagai berikut:

1. Objek penelitian ini terbatas pada tiga *cryptocurrency* dengan kapitalisasi pasar terbesar, yaitu Bitcoin (BTC), Etthereum (ETH), dan Binance Coin (BNB).
2. Periode data historis data harian dari 1 Januari 2020 hingga 31 Desember 2025 (6 tahun).
3. Model terbatas pada ARIMA, XGBoost, dan CNN-BiLSTM
4. Sumber data diambil dari Yahoo Finance API dan data CoinGlass
5. Fokus pada metrik *error* (MAPE, MAE, RMSE, R^2), *training* time, dan *inference time*.
6. Harga penutupan (*close price*) cryptocurrency diasumsikan mengacu pada harga pada pukul 07.00 WIB sesuai dengan konvensi waktu data yang diambil dari Yahoo Finance API.

1.4. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan performa model ARIMA, XGBoost, dan CNN-BiLSTM dalam memprediksi harga *cryptocurrency* ditinjau dari metrik fungsional (MAPE, R2, RMSE)?
2. Bagaimana perbandingan efisiensi komputasi (*training time* dan *inference time*) dari ketiga model dalam proses prediksi harga *cryptocurrency*?
3. Model mana yang memberikan hasil prediksi paling optimal dengan mempertimbangkan trade-off antara *error* prediksi dan efisiensi komputasi untuk masing-masing *cryptocurrency* (BTC, ETH, BNB)?

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dan membandingkan performa model ARIMA, XGBoost, dan CNN-BiLSTM dalam memprediksi harga *cryptocurrency* (BTC, ETH, BNB) berdasarkan metrik fungsional meliputi MAPE, R2, RMSE.
2. Mengevaluasi dan membandingkan efisiensi komputasi dari ketiga model ditinjau dari *training time* dan *inference time* untuk menentukan *resource requirement* masing-masing pendekatan.
3. Mengidentifikasi model yang paling optimal untuk prediksi harga *cryptocurrency* dengan mempertimbangkan *error* prediksi dan efisiensi komputasi untuk masing-masing aset (BTC, ETH, BNB).

1.6. Manfaat Penelitian

1) Manfaat Teoritis

   Penelitian ini memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang prediksi *time series* finansial, khususnya *cryptocurrency*, melalui analisis komparatif dari tiga pendekatan. Hasil penelitian dapat menjadi referensi dan *baseline* bagi peneliti selanjutnya

yang ingin mengembangkan model prediksi *cryptocurrency* yang lebih advanced atau melakukan studi komparatif dengan algoritma lain, serta memberikan validasi empiris terhadap efektivitas berbagai pendekatan prediksi pada data *cryptocurrency* dengan karakteristik volatillitas tinggi dan non-stationer, yang dapat memperkaya literatur akademik di bidang *computational finance*.

2) Manfaat Praktis

Penelitian ini memberikan panduan praktis bagi investor dan praktisi *cryptocurrency* dalam memilih model prediksi yang sesuai berdasarkan *trade-off* antara *error* dan *resource* komputasi yang tersedia, serta memberikan *insight* mendalam mengenai kekuatan dan keterbatasan dari masing-masing pendekatan (statistic, ML, DL) sehingga pengguna dapat membuat keputusan investasi yang lebih baik.