

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Cryptocurrency merupakan varian uang digital yang dibangun dengan kriptografi dan teknologi *blockchain* untuk memastikan keamanan, transparansi, serta desentralisasi dalam transaksi. Bitcoin merupakan *cryptocurrency* pertama yang berhasil diimplementasikan secara luas dan menjadi fondasi awal dari ekosistem aset digital modern. Sistem ini beroperasi tanpa otoritas pusat dan mencatat seluruh transaksi dalam jaringan *blockchain* secara terdesentralisasi (Nakamoto, 2008). Bitcoin membuka jalan bagi lahirnya *cryptocurrency* baru lainnya seperti Ethereum, Ripple (XRP), Binance Coin (BNB), Dogecoin (DOGE) dan Solana (SOL). Kelima *cryptocurrency* tersebut menempati urutan tertinggi dalam kapitalisasi pasar setelah Bitcoin pada tahun 2024, menunjukkan dominasi kelimanya dalam lanskap aset digital global (Gherghina, 2025).

Seiring dengan meningkatnya popularitas *cryptocurrency*, berbagai negara mulai menetapkan regulasi untuk mengatur penggunaannya. Di Indonesia, Otoritas Jasa Keuangan (OJK) kini memiliki kewenangan untuk mengawasi perdagangan *cryptocurrency*, setelah sebelumnya di bawah pengawasan Badan Pengawas Perdagangan Berjangka Komoditi (BAPPEBTI). Pengalihan ini resmi berlaku sejak 10 Januari 2025 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 49 Tahun 2024 dan POJK Nomor 27 Tahun 2024 yang mengatur secara khusus tata kelola serta kerangka hukum perdagangan aset digital di Indonesia (OJK, 2024). Meskipun regulasi telah diterapkan untuk memberikan kepastian hukum dan perlindungan bagi para investor, tingginya volatilitas harga *cryptocurrency* tetap menjadi tantangan utama. Perubahan harga *cryptocurrency* dapat terjadi secara tiba-tiba, sehingga investor harus mampu memprediksi pergerakan harga dengan tepat untuk menghindari potensi kerugian (Sarmini, 2024).

Untuk mengatasi tantangan ini, para peneliti mulai mengembangkan berbagai pendekatan berbasis data guna memprediksi pergerakan harga *cryptocurrency* secara otomatis, khususnya dengan memanfaatkan kemajuan di bidang pembelajaran mesin (*machine learning*) dan *deep learning*. Pendekatan awal yang diterapkan adalah

Artificial Neural Network (ANN), yaitu metode yang terinspirasi dari pola kerja otak manusia dalam mengolah informasi dan mengambil keputusan (Sezer, 2020). ANN menjadi dasar bagi berbagai arsitektur *deep learning* modern, termasuk model *hybrid deep learning Convolutional LSTM*, yang lebih efisien dalam menangkap pola kompleks, termasuk ketergantungan temporal dan fitur lokal dalam data deret waktu, termasuk pola naik-turun dari harga historis *cryptocurrency* (Chen, 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji berbagai arsitektur *deep learning* dalam konteks prediksi harga *cryptocurrency*. Salah satunya dilakukan oleh (Panggabean, 2025) yang mengembangkan model *hybrid deep learning* menggunakan kombinasi LSTM dan GRU guna memprediksi harga Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, Solana, dan XRP. Model ini menunjukkan hasil prediksi yang sangat akurat dengan nilai R^2 di atas 0.99 untuk Bitcoin. Namun, penelitian tersebut belum mengeksplorasi pendekatan berbasis *hybrid deep learning Convolutional LSTM* yang mampu secara bersamaan mengenali pola waktu dan fitur lokal dari data, sehingga masih terdapat peluang pengembangan model dengan arsitektur yang lebih kompleks. (Ahmed, 2023) mengkaji model *hybrid 1D-CNN-LSTM*, dimana 1D-CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur lokal dari data historis dan LSTM untuk menangkap ketergantungan temporal. Dengan dataset harga Bitcoin yang mencakup periode 2014 hingga 2022, model ini menunjukkan performa terbaik pada 150 *epoch*. Namun, model hanya menggunakan satu *cryptocurrency* saja yaitu Bitcoin. Penelitian selanjutnya oleh (Alonso-Monsalve, 2020) yaitu *Convolutional LSTM* untuk mengklasifikasi arah tren harga enam *cryptocurrency* utama yaitu Bitcoin, Dash, Ether, Litecoin, Monero, Ripple dengan hasil menunjukkan bahwa model *Convolutional LSTM* unggul secara signifikan dalam memprediksi harga. Namun, terbatas pada data satu tahun yang relatif stabil. Penelitian oleh (Li, 2020) memprediksi harga Bitcoin menggunakan model gabungan CNN dan LSTM, yang bertujuan meningkatkan akurasi dalam meramalkan pergerakan harga Bitcoin. Model CNN digunakan untuk mengekstrak fitur lokal dari data harga Bitcoin, sementara LSTM digunakan untuk menangani dependensi temporal atau urutan waktu dalam data harga. Namun, model yang dikembangkan masih terbatas oleh cakupan satu *cryptocurrency* saja yaitu Bitcoin. Penelitian oleh (Livieris, 2021) menggunakan arsitektur *hybrid 1D-CNN + LSTM multi-input* untuk prediksi harga dan arah pergerakan beberapa *cryptocurrency* secara bersamaan yaitu Bitcoin, Ethereum,

Ripple dengan mendapatkan hasil tertinggi $R^2 = 0.964$ yang hanya dicapai pada Ethereum, sehingga menunjukkan adanya variasi performa antar *cryptocurrency* dan potensi peningkatan untuk mencapai akurasi yang lebih konsisten. Berdasarkan berbagai penelitian sebelumnya, model seperti GRU dan LSTM (Panggabean, 2025) unggul dalam memproses urutan data historis, namun kurang efisien dalam mengekstraksi pola lokal dari data. Sementara, model *hybrid deep learning Convolutional LSTM* menunjukkan performa yang baik dalam memprediksi harga *cryptocurrency*. Namun, sejumlah keterbatasan masih ditemukan, antara lain keterbatasan pada *cryptocurrency* tunggal, cakupan data historis yang terbatas, serta akurasi model yang belum konsisten di seluruh *cryptocurrency* yang diteliti. Perbedaan performa tersebut dapat disebabkan oleh karakteristik setiap *cryptocurrency* yang sangat beragam termasuk tingkat volatilitas yang berbeda-beda. Selain itu, dominasi Bitcoin sebagai aset utama dalam ekosistem *cryptocurrency* sering mempengaruhi pergerakan harga *cryptocurrency* lain, sehingga pola hubungan antar aset tidak selalu bersifat linier maupun konsisten dari waktu ke waktu. Kondisi ini membuat model yang memberikan hasil optimal pada Bitcoin belum tentu menghasilkan performa serupa pada Ethereum, BNB, Solana, XRP, atau Dogecoin. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, model *hybrid deep learning Convolutional LSTM* yang dikembangkan mampu menunjukkan performa prediksi yang tinggi dan relatif konsisten pada enam *cryptocurrency* dengan karakteristik volatilitas yang berbeda. Evaluasi pada data pengujian menghasilkan nilai R^2 yang mendekati 1 yaitu 0.99868 pada Bitcoin, sementara pengujian implementasi selama 7 hari menunjukkan nilai MAPE yang tetap terkendali yaitu 0.48% pada BNB serta response time 66 ms yang efisien pada XRP. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid deep learning Convolutional LSTM* yang dioptimasi mampu menghasilkan model yang tidak hanya akurat pada satu *cryptocurrency*, tetapi juga stabil pada berbagai aset dengan perilaku pasar yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini berjudul “Prediksi Harga *Cryptocurrency* Menggunakan *Hybrid Deep Learning Convolutional LSTM*”.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

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

1. Bagaimana merancang dan membandingkan berbagai kombinasi arsitektur model *hybrid deep learning Convolutional LSTM* untuk memprediksi harga *cryptocurrency*?
2. Bagaimana menentukan konfigurasi *hyperparameter* yang optimal menggunakan Optuna?
3. Bagaimana performa berbagai arsitektur *hybrid deep learning Convolutional LSTM* yang telah dioptimasi menggunakan Optuna dalam memprediksi harga enam *cryptocurrency* berdasarkan metrik evaluasi RMSE, MAE, dan R^2 ?

1.3 BATASAN MASALAH

Untuk menjaga ruang lingkup tetap fokus dan terukur, penelitian ini dibatasi pada:

1. Data yang akan digunakan dataset dari <https://finance.yahoo.com/crypto/>.
2. Penelitian ini berfokus pada optimasi model *hybrid deep learning Convolutional LSTM*.
3. Penelitian ini akan memakai data BTC, ETH, BNB, SOL, DOGE dan XRP.

1.4 TUJUAN DAN MANFAAT

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengembangkan model prediksi harga *cryptocurrency* berbasis *hybrid deep learning Convolutional LSTM* dengan optimasi *hyperparameter*.
2. Menyediakan *platform* informasi prediksi harga yang dapat mendukung pengambilan keputusan investasi secara lebih akurat dan efisien.

1.4.2 Manfaat

Penelitian ini memberikan manfaat bagi investor dengan menyediakan platform informasi prediksi harga *cryptocurrency* yang dapat digunakan sebagai informasi pendukung dalam pengambilan keputusan investasi. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa pengembangan dan evaluasi sepuluh kombinasi arsitektur *hybrid deep learning Convolutional LSTM* serta penerapan optimasi *hyperparameter* berbasis Optuna untuk memperoleh konfigurasi model terbaik pada

masing-masing *cryptocurrency*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya serta berkontribusi terhadap pengembangan studi prediksi harga *cryptocurrency*.