

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Revolusi Industri 4.0 membawa perkembangan dunia teknologi ke arah yang jauh lebih maju dengan menghadirkan berbagai inovasi hampir di seluruh aspek kehidupan manusia termasuk dalam kegiatan ekonomi. Salah satu inovasi yang muncul dalam bidang ekonomi yaitu hadirnya *cryptocurrency* sebagai alternatif dari mata uang konvensional. *Cryptocurrency* merupakan sistem mata uang digital terdesentralisasi yang diciptakan dari rangkaian kode atau disebut *Blockchain* (Mohapatra, dkk, 2019). *Cryptocurrency* dianggap memiliki kelebihan dibandingkan mata uang konvensional karena fleksibel bisa digunakan dimana saja, transparan, cepat, dan biaya transaksi yang rendah. *Cryptocurrency* dapat digunakan sebagai alat pembayaran melalui transaksi yang dilakukan secara virtual atau melalui internet (Li, dkk, 2019).

Cryptocurrency merupakan inovasi berbasis teknologi *blockchain* yang berkembang menjadi fenomena penting dalam bidang ekonomi, keuangan, dan teknologi karena menawarkan peluang investasi baru sekaligus menghadirkan tantangan dalam aspek finansial, hukum, dan sosial (Giudici, dkk, 2020). Pertumbuhan nilai pasar, meningkatnya aktivitas perdagangan, serta semakin luasnya jumlah pengguna dan tingkat adopsi *cryptocurrency* secara global menjadikan aset digital ini sebagai tren utama dalam sistem keuangan modern dan objek penelitian yang semakin relevan dalam bidang keuangan (Shahzad, dkk, 2024). Penelitian terkini menunjukkan bahwa kajian terhadap *cryptocurrency* tidak lagi semata menyoroti dinamika pasar dan instrumen investasi, namun juga mengkaji dimensi-dimensi lain seperti perilaku pengguna, persepsi terhadap risiko, tingkat kepercayaan, penerimaan teknologi, serta pola adopsi, baik pada tingkat individu maupun pada ranah pelaku bisnis (Pattnaik, dkk, 2023). Selain itu, kemunculan *cryptocurrency* telah mengubah paradigma sistem keuangan dan investasi

tradisional melalui pembentukan kelas aset baru berbasis teknologi digital (Kayani & Hasan, 2024). Dari perspektif investasi, *cryptocurrency* juga memiliki potensi sebagai instrumen diversifikasi portofolio karena karakteristik korelasinya yang relatif rendah terhadap aset konvensional seperti saham dan obligasi (Okechukwu, 2024). Meskipun menawarkan berbagai peluang, perkembangan *cryptocurrency* masih menghadapi sejumlah tantangan seperti ketidakpastian regulasi, risiko hukum, serta potensi penyalahgunaan untuk aktivitas kejahatan finansial, termasuk pencucian uang dan skema penipuan (Kutera, 2022).

Cryptocurrency mengalami fluktuasi yang ekstrem yang membuat beberapa investor atau pemilik aset merasa dirugikan. Karakteristik yang unik dari *cryptocurrency* adalah fluktuasi harga harian yang selalu berubah setiap harinya. Nilai *cryptocurrency* terutama dipengaruhi oleh sejumlah besar faktor seperti tren harga masa lalu, dan volume perdagangan (Jay, dkk, 2020). Para investor ini melihat *blockchain* sebagai mekanisme untuk melewati sistem keuangan tradisional, yang dikritik keras karena regulasinya yang lemah yang menyebabkan fluktuasi tersebut (Aslanidis, dkk, 2022). Volume perdagangan tinggi sering mencerminkan likuiditas dan aktivitas pasar yang intens, yang kemudian dapat memperbesar fluktuasi harga karena perubahan permintaan dan penawaran yang cepat (Gupta & Chaudhary, 2022).

Studi pada Bitcoin, Ethereum, dan Tether (2016–2021) menemukan hubungan harga dengan volume yang signifikan dan positif untuk Bitcoin dan Ethereum, dengan kausalitas satu arah antara return dan perubahan volume, yang mendukung penggunaan volume sebagai sinyal dinamika harga/volatilitas (Adediran, dkk, 2023). Studi lainnya pada Bitcoin dan Ether di bursa terkunci dan terdesentralisasi, ditemukan pola berulang yang kuat dalam volatilitas dan volume menurut harga rentang hari dan jam, yang semakin menguat seiring waktu dan terkait dengan aktivitas algoritmik dan waktu pendanaan berjangka (Hansen, dkk, 2024).

Pada dasarnya investor tidak ingin dirugikan dengan melakukan berbagai cara yang kurang efisien seperti melihat pergerakan nilai *cryptocurrency* secara terus menerus, menjual tanpa mempertimbangkan prospek kedepan, atau bahkan membiarkannya tertahan sampai waktu yang ditentukan oleh pemilik. Tentu saja hal itu tidak efisien mengingat tujuan utama penyimpanan aset oleh investor adalah mendapatkan keuntungan. Untuk mengatasi tantangan ini, berbagai pendekatan *machine learning* dan *deep learning* telah diterapkan untuk memodelkan dan memprediksi harga aset digital seperti Bitcoin, Ethereum, dan atau *cryptocurrency* lainnya. Diperlukan metode atau model prediksi untuk sistem yang dapat memprediksi nilai dari *cryptocurrency* secara tepat dan akurat sehingga dapat membantu mengurangi kerugian investor serta menjadi bahan pertimbangan dalam proses jual beli *cryptocurrency*.

Pasar *cryptocurrency* merupakan sistem keuangan yang sangat kompleks, di mana pergerakan harganya dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal secara simultan. Dari sisi internal, mekanisme penawaran dan permintaan serta dinamika likuiditas pasar menjadi penentu utama fluktuasi harga dalam jangka pendek. Sementara itu, faktor-faktor seperti indikator *on-chain* termasuk *hashrate* dan volume transaksi turut mempengaruhi harga dalam perspektif jangka panjang (Sun, dkk, 2023). Di sisi lain, variabel makroekonomi atau merupakan faktor eksternal seperti indeks saham global, harga emas, dan indeks volatilitas (juga memiliki hubungan tertentu dengan pergerakan harga aset kripto, meskipun pengaruhnya sering kali tidak konsisten (Koszewski, dkk, 2024).

Selain kondisi makroekonomi, terdapat pula faktor eksternal lain yang tidak dapat membentuk dinamika harga *cryptocurrency*. Sentimen publik yang tersebar melalui *platform* media sosial seperti Twitter dan forum digital terbukti memiliki pengaruh nyata terhadap volatilitas aset kripto (Kyriazis, dkk, 2022; Mai, dkk, 2018). Berita dan sentimen media global juga turut membentuk ekspektasi pasar dalam jangka pendek hingga menengah (Sapkota, 2022). Di samping itu, kebijakan regulasi pemerintah

dan peristiwa keamanan, seperti serangan siber terhadap bursa (*exchange*), juga mampu mempengaruhi ketidakpastian pasar (Lyócsa, dkk, 2020). Meskipun berbagai penelitian menunjukkan bahwa kombinasi faktor-faktor eksternal tersebut dapat meningkatkan performa model prediksi, kontribusinya pada dasarnya bersifat komplementer dan tidak dapat menggantikan peran data harga utama (Arslan, 2024; Frohmann, dkk, 2023).

Namun dalam konteks analisis *time series*, penelitian umumnya melakukan pembatasan masalah dengan memfokuskan pada pola historis data harga sebagai representasi utama dinamika pasar. Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa seluruh informasi yang mempengaruhi harga, baik yang berasal dari faktor internal maupun eksternal yang akan terefleksikan secara implisit dalam data historis harga itu sendiri. Oleh karena itu, variabel harga historis, khususnya harga penutupan, menjadi fokus utama dalam banyak penelitian *forecasting* berbasis *time series*. Hal ini didukung oleh temuan bahwa model *time series* univariat yang hanya menggunakan *close price* mampu menangkap pola temporal secara efektif dan memberikan performa prediksi yang kompetitif dibandingkan model multivariat yang melibatkan banyak variabel tambahan (Catania, dkk, 2019; Uras, dkk, 2020).

Dengan demikian, variabel harga historis khususnya harga penutupan menjadi representasi paling komprehensif dari interaksi antara faktor internal dan eksternal. Hal ini menjadikan harga penutupan sebagai representasi paling komprehensif dari seluruh informasi yang tersedia dalam satu periode waktu untuk prediksi secara *time series*. Harga penutupan mencerminkan konsensus pasar di akhir setiap sesi perdagangan dan terbukti memiliki korelasi yang sangat tinggi dengan variabel harga lainnya (*open, high, low*), sehingga secara inheren telah merangkum informasi dari keseluruhan periode perdagangan tersebut (Wu, dkk, 2026). Bahkan, pendekatan univariat berbasis *close price* terbukti mampu bersaing dengan model multivariat yang menggunakan lebih banyak fitur sekaligus

(Rodrigues & Machado, 2025). Model *deep learning* yang dilatih menggunakan data historis *close price* juga terbukti mampu menghasilkan performa prediksi yang lebih unggul dibandingkan metode umum lainnya (Nair, dkk, 2023; Nasirtafreshi, 2022).

Hal ini menegaskan bahwa *close price* bukan sekadar salah satu fitur di dalam *dataset*, melainkan variabel yang paling stabil, prediktif, dan informatif untuk dijadikan sebagai *input* utama dalam model *forecasting* berbasis *deep learning*. Pembatasan penelitian pada variabel *close price* dalam kerangka *time series* bukan hanya bertujuan untuk menyederhanakan model, tetapi juga didasarkan pada pertimbangan teoritis dan empiris bahwa variabel ini merupakan representasi paling komprehensif dan informatif dari dinamika harga *cryptocurrency*. Oleh karena itu, penggunaan *close price* sebagai fitur utama dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan hasil prediksi yang optimal sekaligus menjaga keseimbangan antara kompleksitas model dan performa prediksi.

Disisi lain, *deep learning* telah berkembang menjadi teknologi utama yang digunakan untuk menganalisis data yang terus bertambah secara eksponensial. Teknologi *deep learning* telah merevolusi banyak sektor, termasuk pengenalan citra, pemrosesan bahasa alami, analisis genom, dan prediksi medis. Dalam konteks finansial, *deep learning* sangat efektif untuk analisis data *time series*, pengenalan pola harga, dan prediksi tren pasar (Hu, dkk, 2021; Jin, dkk, 2022; Ozbayoglu, dkk, 2020). *Deep learning* telah menjadi teknologi kunci dalam prediksi finansial, menawarkan akurasi dan fleksibilitas tinggi untuk menangani data kompleks dan dinamis. Perkembangan model *deep learning* ini memungkinkan untuk menganalisis data riwayat harga *cryptocurrency* secara akurat sehingga mampu menjadi dasar algoritma untuk membangun sebuah sistem prediksi yang dibutuhkan oleh investor.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan Mohammad Hamayel dan Ahmed Owda pada tahun 2021 menjelaskan penerapan *deep learning* model GRU dan LSTM untuk memprediksi harga *cryptocurrency* BTC dan ETH

(Hamayel & Owda, 2021). *Dataset* yang digunakan terdiri dari data historis harga harian BTC dan ETH selama tahun 2016–2020 yang diperoleh dari platform CoinMarketCap. Metode yang digunakan adalah berbagai model RNN berbeda seperti GRU dan LSTM dengan parameter pelatihan identik, sehingga hasil dapat diukur secara objektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GRU mencapai akurasi mendekati LSTM namun dengan waktu pelatihan lebih cepat sekitar 25 %, sehingga model disimpulkan efisien untuk prediksi harga kripto jangka pendek.

Penelitian lain dilakukan oleh P. L. Seabe, C. R. B. Moutsinga, dan E. Pindza tahun 2023, penelitian tersebut menjelaskan penggunaan Bidirectional *Long Short Term Memory* (BiLSTM) untuk memprediksi harga *cryptocurrency* BTC, ETH, dan Litecoin (LTC) (Seabe, dkk, 2023). Tujuan penelitian tersebut adalah membandingkan performa BiLSTM dengan LSTM dan GRU dalam memprediksi harga *cryptocurrency*. *Dataset* yang digunakan berupa harga harian dari Yahoo Finance dalam rentang waktu tahun 2018 hingga 2022. Metode yang diterapkan adalah BiLSTM yaitu dengan dua arah propagasi *forward* dan *backward*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BiLSTM dinilai paling stabil dalam mendeteksi perubahan tren harga *cryptocurrency*.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Shubham Singh dan Mayur Bhat tahun 2024, model Transformer digunakan untuk memprediksi harga *cryptocurrency* ETH. *Dataset* yang digunakan terdiri dari data harga ETH dan Bitcoin selama tahun 2019–2023 (Singh, dkk, 2024). Metode yang digunakan adalah Transformer dengan mekanisme *self-attention multi-head* untuk menangkap pola nonlinier pada rentang waktu temporal. Model dievaluasi menggunakan MSE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Transformer mampu memberikan akurasi prediksi yang lebih tinggi dibandingkan ANN dan MLP, dengan peningkatan nilai rata-rata akurasi sebesar 9–12 %. Model transformer juga terbukti stabil dalam memprediksi volatilitas jangka pendek pada harga *cryptocurrency*.

Penelitian lainya oleh Mohammad Ali Labbaf Khaniki dan Mohammad Manthouri, pada penelitian tersebut dijelaskan mengenai pengembangan arsitektur Transformer yang disebut Performer. Performer mempercepat proses perhitungan attention dengan menggunakan algoritma *Fast Attention Via positive Orthogonal Random features* (FAVOR+) pada prediksi harga *cryptocurrency* (Ali, dkk, 2024). Penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi dan akurasi model *deep learning* dalam menganalisis pola fluktuasi harga aset digital. *Dataset* yang digunakan terdiri dari harga harian BTC dan ETH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Performer berhasil menurunkan waktu pelatihan sebesar 35% dibandingkan Transformer standar, tanpa kehilangan keakurasian prediksi. Dengan demikian, pendekatan berbasis Performer terbukti lebih efisien untuk diaplikasikan dalam prediksi harga kripto skala besar. Dalam konteks evaluasi model, penelitian-penelitian sebelumnya umumnya menggunakan metrik seperti MAPE, RMSE, MSE, dan MAE untuk menilai kualitas prediksi model dalam meminimalkan kesalahan terhadap nilai aktual (Kaur, Uppal, Gupta, & Juneja, 2025).

Meskipun berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas pendekatan *deep learning* dalam memprediksi harga *cryptocurrency*, terdapat beberapa celah penelitian yang belum terjawab secara memadai. Sebagian besar studi yang ada masih bersifat parsial, baik dari sisi cakupan arsitektur model yang umumnya hanya membandingkan satu atau dua pendekatan sekaligus, maupun dari sisi objek penelitian yang terbatas pada satu aset *cryptocurrency* tertentu. Kondisi ini mengakibatkan belum tersedianya evaluasi yang komprehensif dan sistematis mengenai model *deep learning* mana yang paling optimal dan konsisten dalam memprediksi tren harga *cryptocurrency* lintas berbagai aset dengan karakteristik volatilitas yang berbeda. Selain itu, perbandingan langsung antara arsitektur berbasis rekuren seperti LSTM, GRU, dan BiLSTM dengan arsitektur berbasis mekanisme *attention* seperti Transformer dan Performer dalam satu kerangka eksperimen yang setara masih sangat

terbatas dalam literatur yang ada. Oleh karena itu, diperlukan sebuah studi komparatif yang mengevaluasi kelima model tersebut secara bersamaan terhadap beberapa aset kripto, guna mengidentifikasi model yang paling optimal dan dapat digeneralisasi untuk keperluan prediksi harga *cryptocurrency*. Melalui pengujian metode dan telaah literatur yang relevan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang bermanfaat bagi bagi investor, pengembang aplikasi prediksi harga, pengembang sistem trading otomatis, maupun manajer portofolio aset digital dalam menentukan model prediksi yang paling efektif untuk mengantisipasi volatilitas pasar kripto yang tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah membandingkan, mengevaluasi dan menemukan model *deep learning* yang optimal untuk memprediksi trend harga *cryptocurrency*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang hendak diperoleh dalam penelitian ini yaitu memberikan perbandingan komprehensif antara berbagai model *deep learning* dalam memprediksi tren harga *cryptocurrency*, sehingga dapat menemukan model optimal yang dapat menjadi acuan bagi investor, pengembang aplikasi prediksi harga, pengembang sistem trading otomatis, maupun manajer portofolio aset digital dalam pengambilan keputusan berbasis data.