

Prediksi Harga Bitcoin Menggunakan Algoritma Long ShortTerm Memory

Alun Sujjada¹, Falentino Sembiring², Febriansyah³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra Sukabumi,
Jl. Raya Cibolang Cisaat - Sukabhumi No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kabupaten Sukabumi,
Jawa Barat 43152, Indonesia

E-mail: alun.sujjada@nusaputra.ac.id¹, falentino.sembiring@nusaputra.ac.id²,
febriansyah_ti20@nusaputra.ac.id³

Abstract - Cryptocurrency is a digital currency made from sequence code or called blockchain, one of the cryptocurrencies is bitcoin. Prediction is a process that projects or imagines what might happen in the future based on data in the past or factors that influence the current situation. Bitcoin price prediction uses a deep learning approach with the Long Short Term Memory method. Long Short-Term Memory is a type of model from the Recurrent Neural Network (RNN) algorithm, a method designed to process data and can overcome the problem of price movements that have long-term dependencies that cannot be handled by traditional RNN models, the LSTM model has the ability “Remembers” information over long periods of time, so as to recognize patterns and trends. In this study, the prediction period used a dataset from 12 December 2020 to 14 April 2024. The evaluation results for the RMSE method for train data were 17318.40 and for test data were 27921.84 and for the MAPE method for train data it was 3.24% and for test data it was 3.24%. 5.36%. This shows that the RMSE and MAPE values in the data train are relatively small because they are vulnerable to the bitcoin price being too wide.

Keywords - Cryptocurrency, Blockchain, Bitcoin, Long ShortTerm Memory, Recurrent Neural Network

Intisari - *Cryptocurrency* adalah sebuah mata uang digital yang dibuat dari kode rangkaian atau disebut *blockchain*, salah satu dari uang kripto adalah *bitcoin*. Prediksi merupakan suatu proses yang memproyeksikan atau membayangkan tentang apa yang mungkin akan terjadi di masa depan berdasarkan sebuah data di masa lalu atau faktor-faktor yang mempengaruhi situasi saat ini. Pada prediksi harga bitcoin menggunakan pendekatan deep learning dengan metode *Long Short-Term Memory*. *Long Short-Term Memory* adalah jenis model dari algoritma *Recurrent Neural Network* sebuah metode yang di desain untuk mengolah data dan dapat mengatasi masalah pergerakan harga yang memiliki ketergantungan jangka panjang yang tidak bisa ditangani oleh model RNN tradisional, model LSTM memiliki kemampuan “mengingat” informasi dari jangka waktu yang panjang, sehingga dapat mengenali pola dan trend. Pada penelitian ini priode prediksi menggunakan dataset dari 12 desember 2020 sampai dengan 14 april 2024. Hasil evaluasi pada metode RMSE untuk data train sebesar 17318.40 dan untuk data test sebesar 27921.84 dan pada metode MAPE untuk data train sebesar 3,24 % dan untuk uji data sebesar 5.36%. hal ini menunjukkan bahwa nilai RMSE dan MAPE pada data train tergolong kecil karena rentan harga bitcoin terlalu lebar.

Kata Kunci - Uang ripto, *Blockchain*, *Bitcoin*, *Long Short Term Memory*, *Recurrent Neural Network*

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi pada saat ini membuat suatu perubahan, perubahan tersebut memberikan sebuah dampak yang signifikan dalam berbagai bidang, salah satunya yaitu bidang investasi. Jenis dari investasi sendiri sangat beragam mulai dari tabungan bank, reksadana, emas, asuransi dan mata uang digital salah satunya bitcoin.

Bitcoin merupakan mata uang digital yang menggunakan teknologi *blockchain* untuk mencatat transaksi secara *terdesentralisasi* dan aman, *bitcoin* dirancang sebagai alat pembayaran

elektronik secara *peer-to-peer* atau transaksi antara dua pihak tanpa pelantara seperti bank atau lembaga keuangan lainnya, *bitcoin* diperkenalkan pada tahun 2009 oleh sebuah kelompok bernama Satoshi Nakamoto. Saat ini *bitcoin* telah menjadi salah satu aset investasi yang menarik perhatian masyarakat karena dapat menjanjikan imbal balik yang sangat tinggi. [1] nilai pada *bitcoin* seringkali mengalami ketidakstabilan karena merupakan komoditas global yang dipengaruhi oleh regulasi *global*. Dibandingkan dengan aset keuangan lainnya. *Fluktuasi bitcoin* tidak dapat dihindari sehingga berdampak secara tidak langsung terhadap kondisi keuangan suatu negara, khususnya di negara Indonesia yang merupakan sebuah negara berkembang.

Prediksi merupakan suatu proses memperkirakan apa yang mungkin terjadi dimasa depan berdasarkan data masa lalu atau faktor-faktor yang mempengaruhi keadaan saat ini. Dalam memprediksi harga *bitcoin* melibatkan sebuah analisis dari berbagai faktor, termasuk sentimen pasar, volume perdagangan, ekonomi dan perkembangan teknologi, serta faktor lain yang mempengaruhi permintaan dan penawaran. [2] prediksi harga menjadi salah satu langkah yang dapat ditempuh oleh seorang investor untuk mengurangi kerugian dan memperbesar peluang keuntungan dalam investasi dimasa mendatang. Oleh karena itu diperlukannya pendekatan dan metode dengan akurasi yang baik. Semakin tinggi akurasi yang dimiliki suatu metode prediksi yang dibuat, juga akan meningkatkan peluang keuntungan dari investasi [3].

LSTM merupakan salah satu jenis algoritma dibidang kecerdasan buatan, LSTM merupakan pengembangan dari model RNN, perkembangan ini bertujuan untuk memecahkan masalah utama yang dihadapi oleh jaringan saraf rekurensi RNN konvensional, khususnya menangani informasi jangka panjang dalam data urutan. [3] algoritma LSTM adalah jenis jaringan saraf tiruan yang cocok untuk memproses dan menganalisis data deret waktu seperti harga saham atau mata uang *crypto*. Keunggulan dalam model LSTM adalah kemampuannya untuk "mengingat" informasi dalam jangka waktu yang lama, yang memungkinkan model menangkap pola *kompleks* dalam data historis, mampu mengatasi *gradient* yang hilang dengan menggunakan mekanisme gates dan LSTM mampu mengontrol aliran informasi dalam jaringan, yang memungkinkan pengolahan informasi jangka panjang tanpa kehilangan informasi pada urutan waktu yang lama.

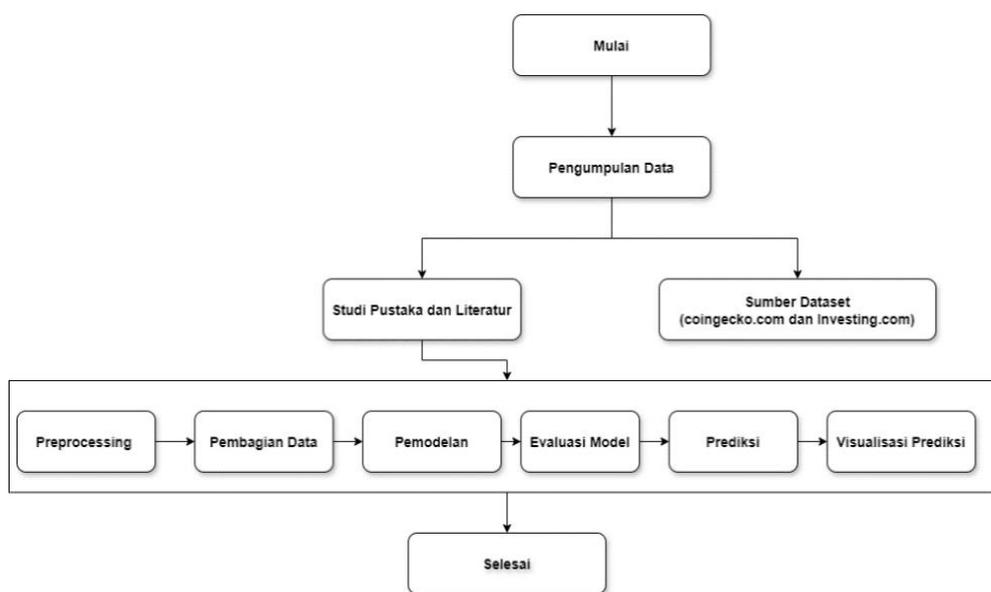
Recurrent Neural Network RNN adalah sebuah arsitektur jaringan saraf yang di rancang untuk mengatasi data urutan, dimana setiap titik terhubung dengan titik sebelumnya. Model RNN dikembangkan untuk mengolah data *sequence* seperti kata dan kalimat. Model RNN mempunyai kemampuan untuk mengingat informasi yang dapat digunakan dalam mengenali informasi dari masa lalu.

Menurut [1] Prediksi harga mata uang kripto menggunakan algoritma LSTM yang dinilai lebih unggul dibandingkan algoritma lainnya dalam mengolah data *time series*. Untuk meningkatkan akurasi model, digunakan algoritma optimasi *Nadam* dan dilakukan tiga sesi *eksperimen* dengan masing-masing 1, 10, dan 20 *epoch* di setiap sesi. Pada [4] Penerapan metode RNN dan metode GRU untuk memprediksi harga mata uang kripto, berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, tingkat keberhasilan dari hasil perbandingan antara data harga aktual dengan prediksi harga ketika menggunakan GRU (*Gated Periodic Unit*) Metode berbasis kategori nilai MAPE pada sistem prediksi harga mata uang kripto ini tergolong sangat baik untuk peramalan bulan berikutnya, sedangkan untuk 6-12 bulan ke depan tergolong memadai. dan pada penelitian Andreas F, Enri U, [5] model algoritma *Linear Regression* dan *Neural Network* memegang hasil prediksi terbaik dalam prediksi harga *bitcoin*, dengan hasil akurasi prediksi RMSE 296.227 +/- 60.125 (micro average: 301.655 +/- 0.000) dan 338.988 +/- 47.837 (micro average: 342.000 +/- 0.000).

II. SIGNIFIKANSI STUDI

Pada penelitian ini berusaha untuk membantu para investor dan trader membuat suatu keputusan dalam melakukan investasi yang lebih informasional dan terinformasi, untuk menurunkan resiko dan meningkatkan keuntungan dalam investasi. Dengan melakukan prediksi harga dapat membantu memahami perilaku pasar crypto termasuk faktor yang dapat mempengaruhi harga. Dengan penelitian ini dapat memberikan inovasi dalam teknologi dan metodologi prediksi dengan melakukan pengembangan pada model yang lebih canggih dan integrasi informasi fundamental yang lebih kompleks.

Metodologi penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan aktivitas yang dimulai dari pengumpulan data sampai menghasilkan sebuah keputusan dalam investasi. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 Tahapan Penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada gambar 1 Tahapan Penelitian, beberapa tahapan dilakukan mulai dari studi pustaka dan literatur hingga prediksi. Studi pustaka dan literatur mempelajari mengenai dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pada tahapan ini teori digunakan untuk mendukung penjelasan yang komprehensif. pengumpulan data yang digunakan bersumber dari data sekunder yang diperoleh melalui pelantara, khususnya dari website crypto, menjadi saluran informasi utama dalam mendapatkan dan mengumpulkan informasi yang relevan untuk keperluan penelitian.

TABEL I
DATA HISTORI HARGA BITCOIN

	Date	Price	Open	High	Low	Vol.
0	24/04/2024	643450	664580	671530	636670	91
1	23/04/2024	664580	668940	672340	659040	51
2	22/04/2024	668940	649920	672820	645810	108
3	21/04/2024	649920	650450	657440	643100	49
4	20/04/2024	650450	638670	654650	631740	83

Preprocessing merupakan sebuah tahapan pembersihan data atau menyiapkan dataset agar dapat digunakan dalam melakukan proses training data. Dalam konteks ini preprocessing juga berfungsi mengurangi noise dan meningkatkan kualitas data. [6] [7] sehingga bisa memberikan hasil analisis yang akurat dan efisien. Pada tahap ini dilakukan normalisasi data untuk

menghilangkan nilai nol dengan menggunakan teknik min-max scaling pada kumpulan data yang telah disiapkan untuk meminimalkan kesalahan pada saat pengujian model prediksi pengujian.

$$x^1 = \frac{(x - \min_x)}{\max_x - \min_x} \tag{1}$$

Dimana x adalah data yang akan dinormalisasi dan x' adalah data yang telah dinormalisasi. Sedangkan $[\min]_x$ adalah nilai minimum seluruh data dan $[\max]_x$ adalah nilai maksimum seluruh data. [3] dalam perhitungan Min Max Scalling untuk mendapatkan jarak dari nilai minimum ke nilai asli dan dilakukan pembagian jarak dengan selisih nilai maksimum dan nilai minimum dalam dataset ($\max(x) - \min(x)$) untuk menormalkan jarak tersebut dengan rentan antara 0 dan 1. nilai yang telah dinormalisasikan (x_1), yang berada dalam rentan 0 dan 1, semakin besar perbedaan antara x dan $\min(x)$ semakin besar juga nilai x_1 (mendekati 1) begitupun sebaliknya semakin kecil perbedaan x dan $\min(x)$ semakin kecil juga nilai x_1 (mendekati 0).

Data pada model akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk melatih model, sementara data uji digunakan setelah proses pelatihan model selesai. [8] [9] Rasio pembagian data bergantung pada karakteristik dataset karena tidak ada pedoman baku untuk pembagian data.

TABEL II
DATA TRAINING DAN DATA UJI

No	Data	Waktu	Jumlah
1	Data Training	24/4/2024-11/8/2021	988 data = 80%
2	Data Uji	10/8/2021-7/12/2020	274 data = 20%

Proses pemodelan bertujuan untuk mendapatkan suatu hasil yang membentuk suatu topik dan mendapatkan informasi yang terkait dengan topik tersebut. Proses ini melibatkan dua tahapan utama. Long short term memory (LSTM) adalah pemodelan yang dikembangkan dari algoritma Recurrent Neural Network (RNN) sebuah metode yang di desain untuk mengolah data sequence [1] [10] model ini berguna untuk memprediksi harga bitcoin, dan harga saham, dengan menggunakan model sequential cocok untuk memprediksi deret waktu dan yang lainnya digunakan dengan dengan API fungsional. [5] [11] LSTM terdiri dari 3 buah gate, yaitu input gate, forget gate, dan output gate. [12] [8]

Matrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur seberapa baik model memprediksi nilai numerik. Rumus matematis untuk menghitung RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \tag{2}$$

Keterangan:

n = jumlah data dalam dataset

y_i = adalah nilai aktual dari data ke -i

\hat{y}_i = nilai yang diprediksi oleh model untuk data ke-i

Mean Squared Error adalah model evaluasi yang mengukur seberapa baik model regresi memprediksi nilai yang sebenarnya, MSE menghitung rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai prediksi dengan nilai sebenarnya dari data yang diamati. [13] [14]

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \tag{3}$$

Keterangan:

n = adalah jumlah data

y_i = adalah nilai sebenarnya dari data ke- i

\hat{Y}_i = adalah nilai prediksi dari data ke- i

Mean Absolute Percentage Error model evaluasi untuk mengukur tingkat kesalahan relative dari model prediksi. MAPE mengukur nilai rata-rata dari presentase selisih antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya dari data yang diamati. [15] [16]

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|}{n} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

n = adalah jumlah data

y_i = adalah nilai sebenarnya dari data ke i

\hat{y}_i = adalah nilai prediksi dari data ke i

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Import Library*

Tahapan pemodelan yang pertama dilakukan import library yang akan digunakan pada saat pemodelan.

B. *Import Dataset*

Tahapan selanjutnya adalah melakukan import dataset ke google colab dengan cara klik tombol "Files" di panel sebelah kiri, lalu pilih "Upload" kemudian masukkan file yang di upload, setelah file diunggah proses selanjutnya adalah analisis data dengan membaca file tersebut menggunakan python. Diperlihatkan pada gambar 2 berikut:

```
bitcoin_data = pd.read_csv('bitcoin_price.csv', sep=';')
bitcoin_data[['Price']].values.astype('float32')
scaler = MinMaxScaler(feature_range(0, 1))
bitcoin_data = scaler.fit_transform(bitcoin_data)
bitcoin_data_df = pd.DataFrame(bitcoin_data, columns=['Price'])

display(bitcoin_data_df)
```

Gambar 2. Import Dataset

Merupakan kode untuk mengimpor dataset yang di simpan dalam format comma separated value (dengan ekstensi .csv) kedalam lingkungan Google Colab/Jupyter Notebook menggunakan library pandas. Pertama, menggunakan fungsi read_csv() dari pandas untuk membaca file csv dengan nama 'bitcoin_price.csv'. menyebutkan argumen sep=';' untuk menentukan pemisah data dalam file csv adalah titik koma (;). Setelah dataset dibaca, langsung menyimpan ke dalam variabel bitcoin_data, kemudian mengambil kolom 'open' dan 'close' dari dataframe untuk dijadikan bahan prediksi, lalu di tambahkan argumen. Values untuk mengkonversi dataframe pandas menjadi numpy array, lalu argumen .astype('float32') di tambahkan untuk merubah tipe data dari nilai didalamnya menjadi float32. Kemudian dataframe dinormalisasi menggunakan minmaxscaler, feature_range = (0, 1) argumen ini

menentukan rentang yang diinginkan untuk data yang dinormalisasikan yaitu dari 0 hingga 1, lalu argumen `scaler.fit_transform(bitcoin_data)` digunakan untuk menghitung statistik dari nilai data minimum dan maksimum kemudian mengubah data sesuai dengan rentang yang diinginkan. Dengan demikian, kode ini memfasilitasi proses impor dan peninjauan awal untuk analisis lebih lanjut.

C. Prepare_data

Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan data sebelum dianalisis menggunakan LSTM. `Prepare_data` dilakukan dengan menggunakan Google Colab. `Prepare_data` bertujuan untuk memisahkan data deret waktu menjadi pasangan input dan output yang sesuai untuk digunakan dalam model prediksi. Diperlihatkan pada gambar 3 berikut :

```
def prepare_data(data, look_back):
    X, Y = [], []
    for i in range(len(data)-look_back):
        X.append(data[i: (i+look_back), 0])
        Y.append(data[i + look_back, 0])
    return np.array(X), np.array(Y)
```

Gambar 3. `Prepare_data`

Merupakan kode untuk memisahkan data deret waktu dan merubahnya menjadi input dan output. Pertama menggunakan ‘data’ ini adalah parameter pertama yang akan dipersiapkan, ‘look_back’ adalah parameter kedua yang menentukan jumlah langkah waktu sebelumnya yang akan digunakan untuk prediksi langkah waktu berikutnya, dan untuk variabel ‘x’ dan ‘y’ didefinisikan sebagai list kosong, variabel ‘x’ digunakan untuk menyimpan input sedangkan variabel ‘y’ digunakan untuk menyimpan output. ‘len(data)-look_back’ adalah sebuah loop yang berfungsi untuk mempersiapkan pasangan input dan output dari data deret waktu.

D. Pembagian data

Langkah ini bertujuan untuk membagi data menjadi data latih dan data uji. Pembagian kumpulan data untuk eksperimen ini disusun sebagai komposisi data latih dan data uji dalam persentase.

TABEL III
HASIL PEMBAGIAN DATA LATIH DAN UJI

Eksperimen	Data Latih	Data Uji	RMSE	
			Latih	Uji
Open Price	80%	20%	194872	159914

Menghasilkan data pelatihan bertujuan untuk meningkatkan kinerja model pada data pengujian. Rasio data pelatihan dan data pengujian yang lebih besar dimaksudkan untuk mengajarkan mesin atau algoritma agar berlatih lebih baik dengan model dari data pelatihan. Data pelatihan yang diperoleh akan digunakan untuk proses pelatihan. Proses pelatihan akan dilakukan dengan menggunakan metode LSTM untuk melatih model, yang kemudian akan diuji performanya pada data pengujian. Proses ini akan terus diulang hingga diperoleh model dengan akurasi terbaik. Setelah mendapat nilai terbaik, model tersebut akan digunakan untuk melakukan prediksi.

E. Pemodelan

langkah selanjutnya adalah menerapkan model Long Short-Term Memory (LSTM) untuk menentukan parameter LSTM yang diperlukan. Langkah ini untuk mengatur jumlah epoch

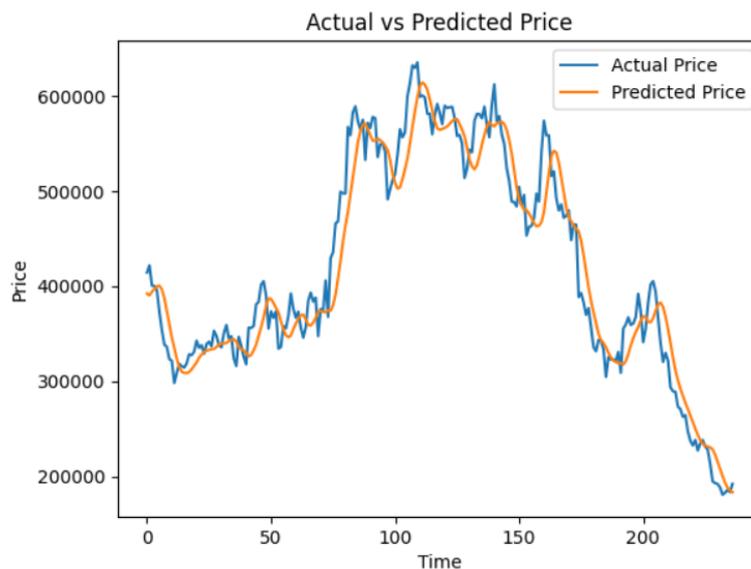
untuk iterasi di jaringan LSTM. Membandingkan beberapa parameter penting untuk menghasilkan model terbaik guna mendapatkan prediksi yang akurat. Ukuran epoch yang ditentukan akan mempengaruhi proses pembelajaran dan berhenti tepat pada nilai epoch yang ditentukan.

TABEL IV
HASIL EVALUASI MODEL DATA PRICE

Epoch	Training Loss	Validasi Loss	Mape
0	0.058753	0.151992	74.142073
1	0.007088	0.006302	11.092497
2	0.002845	0.004584	61.107913
3	0.002591	0.004555	75.790566
4	0.002514	0.004445	76.851318
5	0.002432	0.004395	80.680505
6	0.002496	0.004341	73.937020
7	0.002508	0.004361	73.859070
8	0.002216	0.004236	91.200982
9	0.002218	0.004176	88.265155

F. Visualisasi

Setelah dilakukan proses pemodelan data latih, maka model akan diuji dengan menggunakan data uji yang diperoleh pada saat data latih dan data uji. Untuk mengetahui apakah hasil dari cara ini bagus atau tidak.

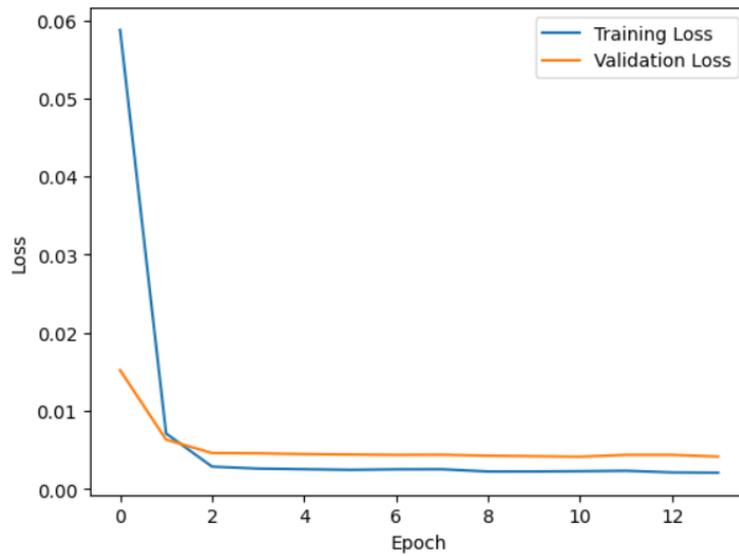


Gambar 4. Perbandingan Data Prediksi dan Data Aktual Price

Hasil visualisasi model dari perbandingan harga actual dan prediksi menunjukkan hasil antara harga asli dan harga prediksi dari dataset menunjukkan bahwa model yang dilatih dapat memberikan hasil yang sesuai. Hal ini terlihat pada model data prediktif mengikuti model yang dilatih dengan data nyata.

G. Evaluasi

menjelaskan bahwa hasil visualisasi model menunjukkan hasil data harga pada dataset yang menunjukkan bahwa model yang dilatih dapat memberikan hasil yang sesuai. Hal ini terlihat pada model data prediktif mengikuti model yang dilatih dengan data nyata.

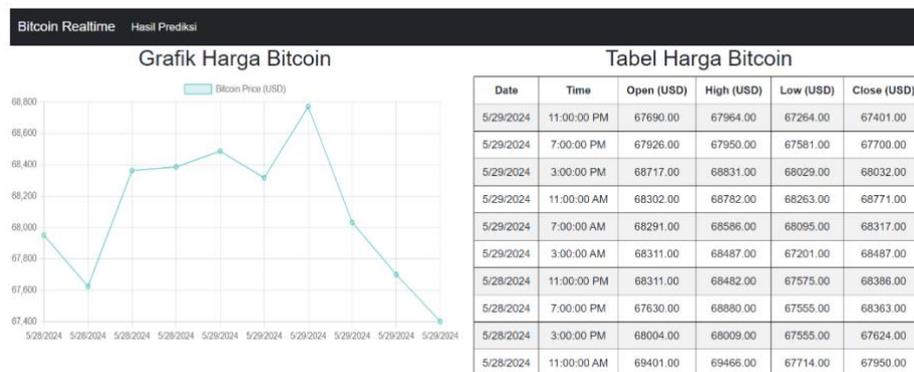


Gambar 5. Evaluasi Data Latih Dan Uji Data Price

Grafik tersebut, memperlihatkan training loss dan validasi loss dengan tanda garis biru sebagai training loss dan garis oren validasi loss. pada gambar di atas memperlihatkan hasil bahwa data yang diambil dari data price, hasil dari nilai validasi loss pada epoch 0 berada di atas loss 0.01 yang dimana hasil nya menggambarkan bahwa validasi los lebih rendah dibandingkan dengan loss dan pada epoch 2 validasi loss dan loss sejajar dengan posisi yang sama sampai epoch 13 dengan posisi terbalik dimana validasi loss berada di atas loss.

H. Deployment

Hasil modelling yang sudah dilakukan sebelumnya menggunakan model LSTM Memory akan di integrasikan kedalam sebuah website. Tujuannya adalah untuk memberikan visualisasi terhadap hasil dari metode LSTM dalam memprediksi harga bitcoin.



Gambar 6. Tampilan Harga Bitcoin Realtime

Tampilan halaman utama pada website yang menampilkan grafik realtime dan tabel harga dari situs crypto <https://coingecko.com> dengan menggunakan Application Programming Interface (API).



Gambar 7. Tampilan Hasil Prediksi Bitcoin

Tampilan untuk hasil prediksi dalam bentuk chart gauge, yang berbentuk menyerupai speedometer, pada chart ini akan memperlihatkan hasil prediksi dengan cara jarum pada chart akan menunjukkan sesuai dengan hasil prediksi, jika harga nya turun maka jarum akan menunjukkan ke arah Buy dan jika harga naik maka akan menunjukkan ke Sell dan jika stabil maka akan menunjukkan ke arah Netral.

IV. KESIMPULAN

Dalam studi mengenai kinerja model LSTM untuk prediksi harga Bitcoin, hasil yang diperoleh memberikan wawasan penting tentang efektivitas teknik pembelajaran mesin ini dalam mengolah data finansial jangka panjang. Dengan menggunakan metrik evaluasi RMSE dan MAPE, studi ini mengungkap dinamika performa model pada data latihan dan pengujian. Mendapati bahwa RMSE pada data latihan adalah 17,318.40, sedangkan untuk data pengujian meningkat menjadi 27,921.84. Perbedaan ini menunjukkan bahwa model LSTM memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memprediksi harga pada data yang telah digunakan selama proses pelatihan dibandingkan dengan data baru. Faktor ini menandakan bahwa model lebih efisien saat berhadapan dengan skenario yang sudah dikenalnya, namun mengalami peningkatan kesalahan prediksi ketika dihadapkan pada situasi yang belum pernah dihadapinya. Lebih jauh, evaluasi menggunakan MAPE menunjukkan hasil serupa. Nilai MAPE pada data latihan adalah 3.24%, yang menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang relatif rendah. Namun, pada data pengujian, MAPE meningkat menjadi 5.36%. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa prediksi model menjadi kurang akurat ketika diaplikasikan pada data yang tidak terlibat dalam fase pelatihan, mencerminkan potensi model untuk overfitting.

Beberapa implikasi penting untuk pengembangan model prediktif, terutama dalam konteks finansial yang sangat dinamis seperti pasar Bitcoin. Pertama, perlu adanya strategi untuk memperbaiki kemampuan generalisasi model, mungkin melalui pendekatan regularisasi yang lebih kuat atau dengan metode validasi silang yang bisa menyimulasikan berbagai skenario data sebelum diimplementasikan secara real. Kedua, integrasi data eksternal yang relevan mungkin perlu dipertimbangkan untuk memberikan konteks makroekonomi yang bisa mempengaruhi fluktuasi harga Bitcoin, sehingga model dapat lebih adaptif terhadap perubahan yang tak terduga dalam data baru. Penelitian ini menegaskan pentingnya evaluasi yang menyeluruh terhadap model prediktif yang tidak hanya mengutamakan hasil pelatihan yang optimal, tetapi juga fokus pada robustness dan adaptabilitas model dalam menghadapi kondisi pasar yang terus berubah. Ini adalah kunci untuk pengembangan alat prediktif yang tidak hanya cerdas, tapi juga praktis dan dapat diandalkan dalam aplikasi dunia nyata.

REFERENSI

- [1] M. F. Rizkilloh, Prediksi Harga Cryptocurrency Menggunakan Algoritma Long Short T Memory (LSTM), 2022.
- [2] Pratama, PENDEKATAN DEEP LEARNING MENGGUNAKAN METODE LSTM UNTUK PREDIKSI HARGA BITCOIN, 2023.
- [3] C. Sumarga, Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi Rancangan Sistem Prediksi H. Saham dengan Menggunakan Metode LSTM dan ARMA klasik.
- [4] Yunizar, Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi PENERAPAN METODE RECURRENT NEURAL NETWORK MODEL GATED RECURRENT UNIT UNTUK PREDIKSI HARGA CRYPTOCURRENCY [1].
- [5] 2006.14473.
- [6] E. U. Andreas F, PERBANDINGAN ALGORITMA LINEAR REGRESSION, NEURAL NETWORK, DEEP LEARNING, DAN K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN) UNTUK PREDIKSI HARGA BITCOIN, 2022.
- [7] A. I. D. M. P. H. B. D. M. R. N. N. P. P. INDODAX, ANALISIS INVESTASI DALAM MEMPREDIKSI PERGERAKAN HARGA BITCOIN DENGAN MENGGUNAKAN RECURRENT NEURAL NETWORK PADA PLATFORM INDODAX, 2022.
- [8] F. Sembiring, D. Gustian, A. Erfina and Y. Vikriansyah, Analisis Tingkat Akurasi Algoritma Moving Average dalam Prediksi Pergerakan Uang Elektronik Bitcoin.
- [9] Y. S. David Wibowo and R. Somya, Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Harga Cryptocurrency Ethereum Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network, 2023.
- [10] F. R. S. B. I, Prediksi Nilai Cryptocurrency Bitcoin menggunakan Algoritma Extreme Learning Machine (ELM), 2019.
- [11] L. M. Rasdi Rere and H. dan Rozi, STUDI PREDIKSI HARGA BITCOIN MENGGUNAKAN RECURRENT NEURAL NETWORK, 2022.
- [12] N. A, Perbandingan Model RNN, Model LSTM, dan Model GRU dalam Memprediksi Harga Saham-Saham LQ45, 2022.
- [13] I. N. H. T. E, IMPLEMENTASI ORANGE DATA MINING UNTUK PREDIKSI HARGA BITCOIN, 2022.
- [14] T. A. N. F, PREDIKSI HARGA EMAS MENGGUNAKAN METODE LSTM DAN GRU, 2023.
- [15] A. I. I, Prediksi Harga Saham Twitter Dengan Long Short-Term Memory Recurrent Neural Network, 2022.
- [16] L. Y. Z. H, Enhancing bitcoin price fluctuation prediction using attentive LSTM and embedding network, 2020.