



Penerapan Metode Recurrent Neural Network dengan Pendekatan Long Short-Term Memory (LSTM) Untuk Prediksi Harga Saham

Anggi Hanafiah¹, Yudhi Arta^{1*}, Hafiza Oktasia Nasution², Yuyun Dwi Lestari³

¹Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Indonesia

²Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Program Studi Manajemen, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

³Fakultas Teknik dan Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

Email: ¹anggihanafiah@eng.uir.ac.id, ^{2*}yudhiarta@eng.uir.ac.id, ³hafiza@lecturer.unri.ac.id, ⁴yuyundwilestari@unhar.ac.id,
Email Penulis Korespondensi: yudhiarta@eng.uir.ac.id

Abstrak—Berinvestasi saham kini semakin populer dan berkembang pesat di Indonesia, dengan berinvestasi saham maka investor akan mendapatkan keuntungan yang cukup cepat dan besar dalam waktu yang cukup singkat. Investor perlu menganalisis pergerakan saham sebelumnya sebagai bentuk strategi berinvestasi untuk mendapatkan hasil investasi yang maksimal. Banyak teknik yang pernah diterapkan dalam memprediksi harga saham, salah satunya menggunakan teknik didalam Deep Learning seperti Recurrent Neural Network. Pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai prediksi harga saham menggunakan metode Recurrent Neural Network dengan pendekatan Long-Short Term Memory (LSTM) pada data saham BBNI. Penelitian hanya menggunakan data close atau data tentang harga penutupan saham harian saja. Dalam perancangan LSTM terdapat beberapa hal yang dikonfigurasi seperti dropout sebesar, dense, activation function, dan jumlah neuron yang digunakan, dan pada proses training menggunakan salah satu optimizer yang disediakan oleh framework keras yaitu optimizer ADAM (Adaptive Moment Estimation). Skenario pengujian dilakukan menggunakan jumlah epoch 10 dan 20 dengan batch size 32. Hasil pengujian akan menghasilkan nilai MAE dan MAPE, dimana semakin rendah nilai MAE dan MAPE semakin baik performa model dalam melakukan prediksi yang akurat. Hasil pengujian menggunakan epoch 10 mendapatkan nilai MAE sebesar 0.0286 dan nilai MAPE sebesar 0.0488, sedangkan hasil pengujian menggunakan epoch 20 mendapatkan nilai MAE sebesar 0.0150 dan nilai MAPE 0.0257.

Kata Kunci: RNN; LSTM; Harga; Saham; ADAM

Abstract—Investing in shares is now increasingly popular and growing rapidly in Indonesia. By investing in shares, investors will get quite fast and large profits in a fairly short time. Investors need to analyze previous stock movements as a form of investment strategy to get maximum investment results. Many techniques have been applied to predict stock prices, one of which uses techniques in Deep Learning such as Recurrent Neural Network. In this research, research was conducted on stock price predictions using the Recurrent Neural Network method with the Long-Short Term Memory (LSTM) approach on BBNI stock data. The research only uses close data or data about daily closing stock prices. In designing LSTM there are several things that are configured such as dropout size, density, activation function, and number of neurons used, and in the training process one of the optimizers provided by the Keras framework is used, namely the ADAM (Adaptive Moment Estimation) optimizer. The test scenario is carried out using a number of epochs of 10 and 20 with a batch size of 32. The test results will produce MAE and MAPE values, where the lower the MAE and MAPE values, the better the model's performance in making accurate predictions. The test results using epoch 10 got an MAE value of 0.0286 and a MAPE value of 0.0488, while the test results using epoch 20 got an MAE value of 0.0150 and a MAPE value of 0.0257.

Keywords: RNN; LSTM; Price; Stock; ADAM

1. PENDAHULUAN

Tidak ada yang pernah mengetahui dengan tepat apa yang akan terjadi di masa yang akan datang, namun manusia dengan kemampuan berfikirnya berusaha untuk dapat memperkirakan kejadian dimasa depan dengan berbagai metode dan analisa untuk memperoleh tingkat kesalahan yang sekecil mungkin [1]. Berinvestasi saham kini semakin populer dan berkembang pesat di Indonesia, dengan berinvestasi saham, investor akan mendapatkan keuntungan yang cukup cepat dan besar dalam waktu yang cukup singkat, dalam beberapa hari, minggu, bulan atau tahun dari menginvestasikan dananya [2]. Data statistik dari Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI) tahun 2022 menunjukkan bahwa jumlah pertumbuhan 36 investor pasar modal semakin meningkat setiap tahunnya yakni pada akhir tahun 2022 mencapai 10,3 juta investor atau meningkat 37,68% jika dibandingkan dengan akhir tahun 2021 sebanyak 7,48 juta investor [3].

Saham adalah merek dagang yang dimiliki oleh orang atau badan yang dimiliki korporasi atau perseroan terbatas berwujud sebuah kertas yang menjelaskan pemilik kertas tersebut merupakan salah satu pemilik perusahaan tersebut [4]. Melihat pergerakan saham yang terus mengalami fluktuasi setiap waktunya, sehingga mengakibatkan banyak investor masih ragu dengan resiko dalam berinvestasi. Investor perlu menganalisis pergerakan saham sebelumnya sebagai bentuk strategi berinvestasi untuk mendapatkan hasil investasi yang maksimal. Investor dapat melakukan analisis secara fundamental terhadap perusahaan perbankan yang akan menjadi muara investasi. Oleh karena itu, metode yang tepat untuk melakukan analisis adalah dengan menggunakan metode peralaman atau prediksi [5].

Perkembangan informasi pada saat ini sangatlah cepat[6]. Hal ini bisa dilihat dari isi informasi yang disediakan sampai dengan bagaimana cara mendapatkan informasi tersebut. Dan dari cara mendapatkan informasi tersebut, informasi yang paling mudah dan sering diakses yaitu dengan media website [7]. Perkembangan teknologi terutama dalam bidang informasi memberi kemudahan bagi pengguna informasi dalam mencari informasi yang mereka butuhkan [8]. Banyak teknik yang pernah diterapkan dalam memprediksi harga saham, salah satunya menggunakan teknik didalam Deep Learning seperti Recurrent Neural Network. Recurrent Neural Network (RNN) merupakan salah satu algoritma dari machine learning yang memiliki tingkat keakuratan yang tinggi untuk melakukan prediksi data dalam bentuk time series [9]. Didalam RNN terdapat algoritma yang telah dikembangkan seperti algoritma Long-Short Term Memory (LSTM).



Long-Short Term Memory (LSTM) merupakan salah satu pengembangan dari arsitektur Recurrent Neural Network (RNN) dengan memberi memory cell untuk dapat menyimpan informasi dalam waktu yang lama dan dapat mengatasi terjadinya vanishing gradient pada RNN saat melakukan proses data sekuensial yang Panjang [10].

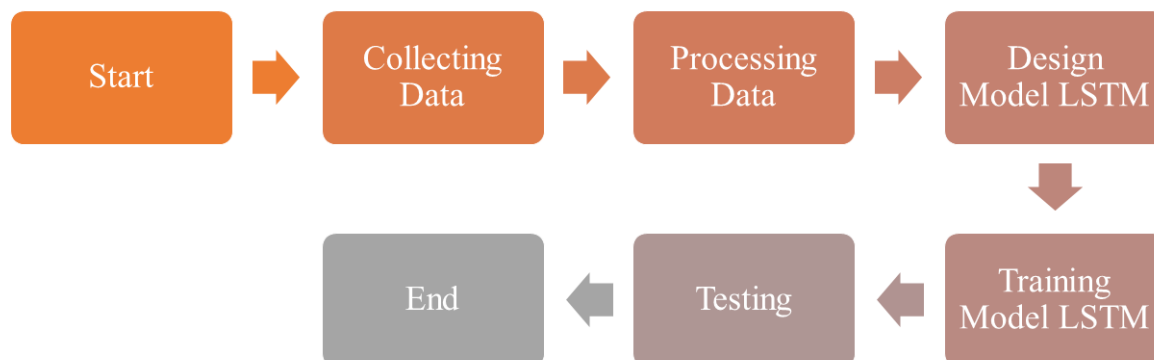
Beberapa penelitian yang berhubungan antara lain yaitu penelitian yang dilakukan oleh Adhib Arfan [11] mengenai prediksi harga saham yang di Indonesia menggunakan Long-Short Term Memory. Parameter yang digunakan untuk melakukan prediksi harga saham dengan LSTM adalah jumlah lapisan LSTM, hidden layer, neuron, epoch, dan batch size. Pengujian tersebut mendapatkan hasil terbaik menggunakan data latih 2014-2016 dan data uji 2017- 2019 yaitu dengan menggunakan parameter 2 hidden layer, 125 neuron, 10 epoch, 200 batch size dengan hasil waktu training 18.2s dengan hasil MSE sebesar 0.0015. Berdasarkan hasil pengujian, LSTM mampu memprediksi harga saham pada tahun 2017-2019 dengan performa yang baik dan tingkat kesalahan yang relatif kecil dibandingkan pengujian menggunakan metode Support Vector Regression (SVR). Penelitian selanjutnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Dian Islamiaty Puteri [3] mengenai Implementasi Long Short Term Memory (LSTM) dan Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM) Dalam Prediksi Harga Saham Syariah. Dalam membangun model prediksi terbaik pada penelitian ini diperoleh berdasarkan tuning parameter seperti epoch, batch, neurons, serta optimizer dan teknik regulasi dropout untuk mencegah terjadinya overfitting pada model. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari tiga data saham yang digunakan, nilai MAPE terkecil didapatkan pada model BiLSTM. Nilai MAPE yang diperoleh untuk setiap data saham dalam penelitian ini secara berurutan yaitu 2,59%, 1,77%, dan 1,05%. Berdasarkan kriteria nilai MAPE, maka model prediksi yang diperoleh termasuk dalam kriteria sangat akurat. Penelitian terakhir yaitu penelitian yang dilakukan oleh Adhitio Satyo Bayangkari Karno [1] mengenai Prediksi Data Time Series Saham Bank BRI Dengan Mesin Belajar LSTM (Long ShortTerm Memory). Dalam Penelitian ini ditujukan untuk mengukur ketelitian dalam memprediksi data time series menggunakan metode mesin belajar LSTM (Long Short-Term Memory), serta menentukan banyaknya epoch yang diperlukan untuk menghasilkan nilai RMSE (Root Mean Square Error) yang kecil. Hasil dari penelitian ini adalah tingkat variasi yang tinggi nilai RMSE terhadap jumlah epoch yang diperlukan dalam proses pengolahan data. Dari penelitian prediksi data saham BBRI diperoleh nilai RMSE yang cukup baik yaitu 227,470333244533.

Berdasarkan Forbes 2000 The World Biggest Companies yang memuat lebih dari 2000 perusahaan publik terbesar di dunia, terdapat tiga bank dibawah BUMN yang masuk didalam Forbes 2000 yaitu, Bank Rakyat Indonesia, Bank Negara Indonesia dan Bank Mandiri [5]. Dengan alasan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan mengambil dataset pada saham bank BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yaitu Bank BNI (Bank Negara Indonesia) berdasarkan data historis yang di peroleh dari yahoo finance dengan nama saham BBNI. Pengambilan Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tanggal 29 November 2004 hingga 29 November 2023. Penelitian yang dilakukan untuk memprediksi harga saham dengan menggunakan metode Recurrent Neural Network dengan pendekatan Long Short-Term Memory (LSTM) terhadap harga close saham. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap model LSTM yang dikembangkan dan penerapan optimizer dalam mengoptimalkan proses pelatihan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan kegiatan penelitian yang dilakukan secara terencana, teratur, dan sistematis untuk mencapai tujuan tertentu [12]. Tahapan penelitian yang dilakukan secara umum terdiri dari Gambar 1 merupakan skema tahapan penelitian yang dilakukan. Secara umum terdiri dari pengumpulan data, preprocessing data, perancangan model LSTM, training model LSTM dan pengujian. Tahapan Penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan dengan mengumpulkan data saham PT. BNI berdasarkan data historis yang diperoleh dari yahoo finance. Dataset yang diambil terdapat beberapa kolom yaitu date, open, close, high, low, adj close, volume.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tanggal 29 November 2004 hingga 29 November 2023, serta data yang dipakai dalam penelitian hanya data close atau data tentang harga penutupan saham harian saja.

b. Preprocessing Data

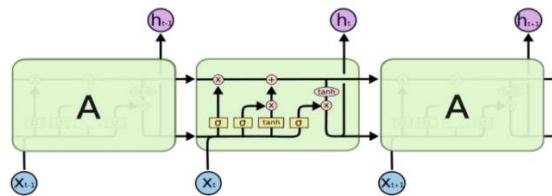
Pada preprocessing data ini dilakukan tahapan feature scaling dan split data dengan menggunakan bahasa python. Python adalah salah satu bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan programmer dalam membuat programnya. Python punya karakteristik yang tidak terlalu rumit [13]. Feature Scaling adalah sebuah proses dimana data dinormalisasi sehingga memiliki rentang nilai yang sama [14]. Metode yang digunakan dalam feature scaling yaitu min-max normalization [15], dimana proses ini dilakukan normalisasi data sehingga nilai aktual menjadi nilai dengan range interval 0-1 sebelum dimasukkan ke dalam model LSTM. Persamaan min-max normalization dapat dilihat sebagai berikut:

$$X_{norm,i} = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, t \quad (1)$$

Pada persamaan diatas dapat dijelaskan bahwa x_{norm} adalah nilai normalisasi, x_{max} adalah nilai maksimum data, dan x_{min} adalah nilai minimum data. Split data [16] merupakan proses memisahkan data menjadi 2 bagian, yaitu data latih dan data validasi. Pada penelitian ini dilakukan split data dengan membagi rasio 80% untuk data training dan 20% untuk data testing.

c. Perancangan Model LSTM

Pada tahapan ini dilakukan proses perancangan model LSTM yang digunakan seperti konfigurasi lapisan LSTM, dropout rate, serta jumlah neuron pada hidden layer. LSTM merupakan perkembangan dari algoritma Recurrent Neural Network (RNN). LSTM mampu memecahkan permasalahan vanishing gradient yang terjadi pada RNN [17]. Didalam perancangan LSTM terdapat beberapa hal yang dikonfigurasi seperti dropout, dense, activation function, dan jumlah neuron yang digunakan.



Gambar 2. Arsitektur Long-Short Term Memory (LSTM) [18]

d. Training Model LSTM

Pada proses pelatihan menggunakan salah satu optimizer yang disediakan oleh framework keras yaitu optimizer ADAM (Adaptive Moment Estimation). Optimizer ADAM yaitu algoritma yang merupakan perkembangan dari algoritma Stochastic Gradient Descent (SGD) klasik dimana bobot network telah diperbarui. Algoritma ini pertama kali dikenalkan oleh Diederik Kingma [19]. Didalam training model LSTM menggunakan optimizer ADAM, perlu dikonfigurasi jumlah learning rate, loss function, serta penggunaan Callback untuk menghentikan pelatihan jika ada data validasi sudah mencapai tingkat yang cukup kecil, sehingga mencegah model dari overfitting.

e. Pengujian

Pada tahapan pengujian ini dilakukan dengan mengambil data testing kemudian dibandingkan dengan data yang dihasilkan dengan metode LSTM pada rentang waktu yang ditentukan dengan metode akurasi yang digunakan yaitu Mean Absolute Error (MAE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Mean Absolute Error (MAE) adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat keakuratan model peramalan. Hasil Mean Absolute Error (MAE) menunjukkan nilai rata-rata kesalahan mutlak atau absolut dari nilai sebenarnya dengan nilai peramalan [20]. Persamaan Mean Absolute Error (MAE) dapat dilihat sebagai berikut :

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} \quad (2)$$

MAPE (Mean Absolute Percent Error) Merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung rata-rata persentase kesalahan mutlak [21]. MAPE (Mean Absolute Percent Error) digunakan jika ukuran variabel peramalan merupakan faktor penting dalam mengevaluasi akurasi peramalan tersebut. MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari series tersebut [22]. Persamaan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dapat dilihat sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan mengenai hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan dataset pada bank BUMN yaitu saham BBNi. Pengambilan dataset ini dilakukan dari tanggal 29 November 2004 hingga 29 November 2023 dengan memfokuskan kepada kolom harga close atau harga penutupan harian pada setiap data saham.



	Date	Open	High	Low	Close
0	2004-11-29	770.251709	770.251709	770.251709	770.251709
1	2004-11-30	770.251709	782.101746	770.251709	770.251709
2	2004-12-01	770.251709	782.101746	758.401672	782.101746
3	2004-12-02	770.251709	782.101746	770.251709	770.251709
4	2004-12-03	770.251709	770.251709	746.551636	746.551636
...
4697	2023-11-20	5000.000000	5025.000000	4970.000000	4980.000000
4698	2023-11-21	5000.000000	5100.000000	4990.000000	5075.000000
4699	2023-11-22	5100.000000	5100.000000	5025.000000	5075.000000
4700	2023-11-23	5100.000000	5175.000000	5075.000000	5150.000000
4701	2023-11-24	5175.000000	5250.000000	5175.000000	5200.000000

	Adj Close	Volume
0	244.368546	1223626
1	244.368546	498944
2	248.128159	2389235
3	244.368546	5167710
4	236.849579	1927210
...
4697	4980.000000	52108800
4698	5075.000000	129449900
4699	5075.000000	28872800
4700	5150.000000	80157000
4701	5200.000000	61211100

[4702 rows x 7 columns]

Gambar 3. Dataset Saham Bank BNI

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa dataset yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 4702 data. Pada dataset terdapat kolom seperti Date, Open, High, Low, Close, Adj Close, dan Volume. Dataset yang digunakan dapat divisualisasikan sebagai berikut :

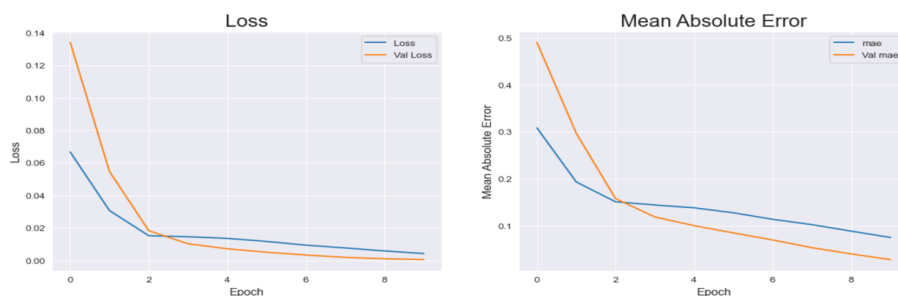


Gambar 4. Data Aktual Saham Bank BNI

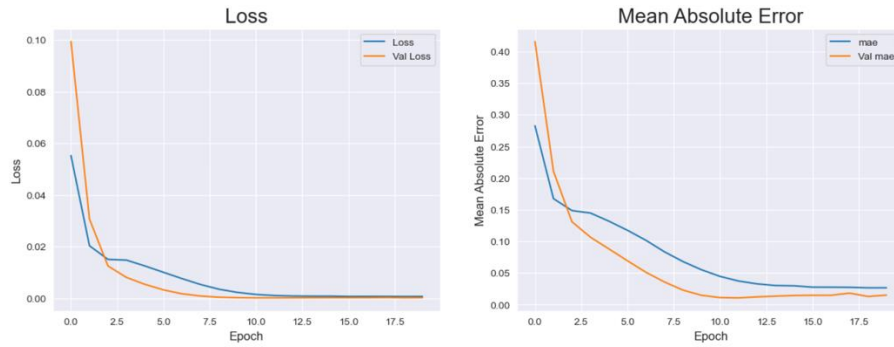
Pada gambar 4 memperlihatkan data aktual berdasarkan dataset yang digunakan pada penelitian ini. Pada gambar tersebut terlihat bahwa garis horizontal menampilkan harga saham close atau penutupan saham, dan garis vertikal menampilkan lama tahun yang di teliti. Harga saham close terendah terjadi pada tahun 2008 dengan menyentuh harga 196.710434 per lembar, sedangkan harga saham close tertinggi terjadi pada tahun 2023 dengan menyentuh harga 5325 per lembar.

Pada penelitian dilakukan tahapan preprocessing data dengan melakukan feature scaling terlebih dahulu. Feature scaling dilakukan untuk menormalisasikan data sehingga memiliki rentang nilai yang sama. Setelah melakukan feature scaling, maka dilanjutkan tahapan spliting data. Pada tahapan spliting data, data dibagi menjadi 2 yaitu data training dengan rasio 80% dan data testing dengan rasio 20%.

Pada penelitian ini melakukan pengujian parameter pada jumlah neuron pada lapisan LSTM. Pengujian yang dilakukan adalah mencoba jumlah neuron sebesar 128 dan 64. Pada proses pelatihan model melibatkan kompilasi model menggunakan optimizer ADAM dengan learning rate sebesar 0,0001. Skenario pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pelatihan menggunakan jumlah epoch sebesar 10, dan selanjutnya jumlah epoch sebesar 20. Pada masing-masing pelatihan menggunakan dengan batch size sebesar 32. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut :

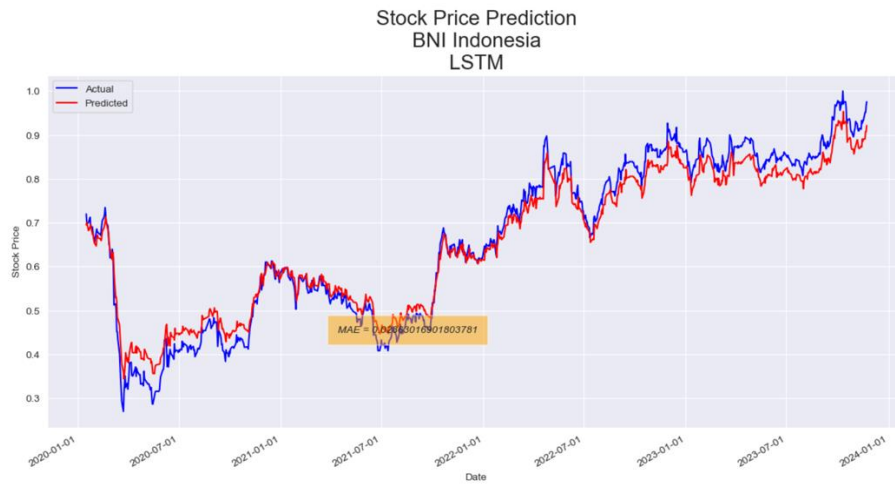


Gambar 5. Grafik Loss dan Grafik Mean Absolute Error (MAE) Dengan Epoch 10

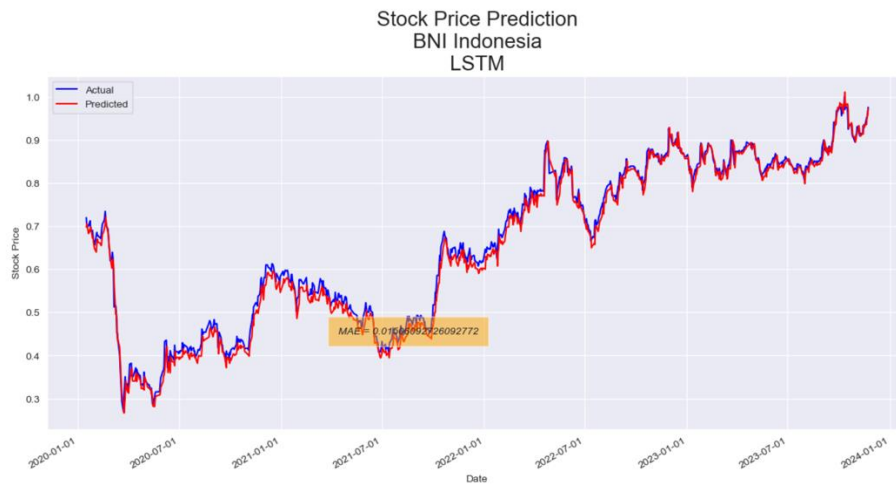


Gambar 6. Grafik Loss dan Grafik Mean Absolute Error (MAE) Dengan Epoch 20

Berdasarkan gambar 5 dan gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa awal pelatihan terlihat nilai loss cenderung tinggi dikarenakan model masih belum memiliki pemahaman yang baik terhadap data. Setelah proses pelatihan berjalan, nilai loss cenderung mulai perlahan menurun dikarenakan model sudah mulai mempelajari pola yang telah dikembangkan. Nilai MAE mengukur selisih absolut rata-rata antar nilai prediksi dengan nilai pengamatan. Hasil dari penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi pada data testing dengan harga saham aktual, serta dilakukan plotting grafik terhadap harga saham yang diprediksi dengan harga saham aktual. Hasil prediksi pada data testing dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. Hasil Prediksi Pada Data Testing Dengan Epoch 10



Gambar 8. Hasil Prediksi Pada Data Testing Dengan Epoch 20

Berdasarkan gambar 7 dan Gambar 8 diatas dapat dilihat hasil pengujian menggunakan data testing, dimana garis berwarna biru merupakan data aktual dan garis merah merupakan data prediksi. Gambar 7 diatas dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi yang dilakukan dengan menggunakan jumlah epoch sebesar 10 masih belum dikatakan optimal, dikarenakan garis antara nilai aktual dan nilai prediksi masih menunjukkan gap yang cukup besar. Untuk gambar 8 dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi yang dilakukan dengan menggunakan jumlah epoch sebesar 20 sudah dapat dikatakan



cukup optimal, dikarenakan garis antara nilai aktual dan nilai prediksi menunjukkan gap yang kecil. Pada hasil pengujian menggunakan data testing dengan epoch sebesar 10 menghasilkan nilai MAE sebesar 0.0286 dan nilai MAPE sebesar 0.0488, sedangkan pengujian menggunakan epoch 20 menghasilkan nilai MAE sebesar 0.0150 dan nilai MAPE sebesar 0.0257. Hasil terbaik dari prediksi harga saham tidak tergantung dari banyaknya nilai pada setiap parameter, karena setiap parameter memiliki ketergantungan satu sama lain.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai prediksi harga saham menggunakan metode Recurrent Neural Network dengan pendekatan Long-Short Term Memory (LSTM) pada data saham PT. BNI yang diambil dari tanggal 29 November 2004 hingga 29 November 2023 dengan jumlah dataset 4702 data. Data yang dipakai dalam penelitian hanya data close atau data tentang harga penutupan saham harian saja. Dalam perancangan LSTM terdapat beberapa hal yang dikonfigurasi seperti dropout sebesar, dense, activation function, dan jumlah neuron yang digunakan, dan pada proses training menggunakan salah satu optimizer yang disediakan oleh framework keras yaitu optimizer ADAM (Adaptive Moment Estimation). Skenario pengujian dilakukan menggunakan jumlah epoch 10 dan 20 dengan batch size 32. Hasil pengujian akan menghasilkan nilai MAE dan MAPE, dimana semakin rendah nilai MAE dan MAPE semakin baik performa model dalam melakukan prediksi yang akurat. Hasil pengujian menggunakan epoch 10 mendapatkan nilai MAE sebesar 0.0286 dan nilai MAPE sebesar 0.0488, sedangkan hasil pengujian menggunakan epoch 20 mendapatkan nilai MAE sebesar 0.0150 dan nilai MAPE 0.0257. Nilai MAE dan MAPE yang rendah menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan yang rendah dan mampu mendekati nilai sebenarnya dengan akurasi yang baik. Berdasarkan pengujian dapat dikatakan bahwa model LSTM yang dikembangkan dengan menggunakan epoch 20 memiliki performa yang lebih baik dalam memprediksi harga saham.

REFERENCES

- [1] A. S. B. Karno, "Prediksi Data Time Series Saham Bank BRI Dengan Mesin Belajar LSTM (Long ShortTerm Memory)," *J. Inform. Inf. Secur.*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] N. Alviyanil'Izzah et al., "ANALISIS TEKNIKAL PERGERAKAN HARGA SAHAM DENGAN MENGGUNAKAN INDIKATOR STOCHASTIC OSCILLATOR DAN WEIGHTED MOVING AVERAGE," *KEUNIS*, vol. 9, no. 1, pp. 36–53, 2021.
- [3] D. I. Puteri, "Implementasi Long Short Term Memory (LSTM) dan Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM) Dalam Prediksi Harga Saham Syariah," *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 35–43, 2023.
- [4] D. Setiawan, K. Stefani, Y. J. Shandy, and C. A. F. Patra, "Sistem Analisa Harga Saham Menggunakan Algoritma Long Short Term Memory (LSTM)," *Media Inform.*, vol. 21, no. 3, pp. 264–279, 2022.
- [5] P. A. Riyantoko, T. M. Fahrudin, K. M. Hindrayani, and E. M. Safitri, "Analisis Prediksi Harga Saham Sektor Perbankan Menggunakan Algoritma Long-Short Terms Memory (Lstm)," in *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)*, 2020, pp. 427–435.
- [6] S. Supiyandi, E. Hariyanto, C. Rizal, M. Zen, and S. H. R. Pasaribu, "Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kualitas Ayam Petelur Menggunakan Metode Simple Additive Weighting," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 256–262, 2022.
- [7] A. Hanafiah and R. Wandri, "Implementasi Load Balancing Dengan Algoritma Penjadwalan Weighted Round Robin Dalam Mengatasi Beban Webserver," *IT J. Res. Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 226–233, 2021.
- [8] A. Hanafiah, H. O. Nasution, H. Noviasari, R. Wandri, and J. Mardafora, "Pelatihan Penggunaan Aplikasi Mendeley untuk Penulisan Karya Ilmiah Bagi Mahasiswa Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Riau," *J. Pengabd. Masy. dan Penerapan Ilmu Pengetah.*, vol. 3, no. 2, pp. 14–17, 2022.
- [9] J. Cao, Z. Li, and J. Li, "Financial time series forecasting model based on CEEMDAN and LSTM," *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 519, pp. 127–139, 2019.
- [10] R. S. Pontoh et al., "Jakarta pandemic to endemic transition: forecasting COVID-19 using NNAR and LSTM," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 12, p. 5771, 2022.
- [11] A. Arfan, "Prediksi harga saham di Indonesia menggunakan algoritma long short-term memory," *Pros. SeNTIK*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [12] R. I. Borman, A. T. Priandika, and A. R. Edison, "Implementasi Metode Pengembangan Sistem Extreme Programming (XP) pada Aplikasi Investasi Peternakan," *JUSTIN (Jurnal Sist. Dan Teknol. Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 272–277, 2020.
- [13] H. O. Nasution, H. Noviasari, S. Nasution, and L. Melinda, "Twitter Sentiment Analysis and Its Effect on Society on the Fall of Cryptocurrency," *IT J. Res. Dev.*, vol. 7, no. 1, pp. 147–151, 2022.
- [14] A. Nilsen, "Perbandingan Model RNN, Model LSTM, dan Model GRU dalam Memprediksi Harga Saham-Saham LQ45," *J. Stat. dan Apl.*, vol. 6, no. 1, pp. 137–147, 2022.
- [15] M. Yang and J. Wang, "Adaptability of financial time series prediction based on BiLSTM," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 199, pp. 18–25, 2022.
- [16] B. Arief, H. Kholifatullah, and A. Prihanto, "Penerapan Metode Long Short Term Memory Untuk Klasifikasi Pada Hate Speech," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 4, 2023.
- [17] A. Nurdin, B. A. S. Aji, A. Bustamin, and Z. Abidin, "Perbandingan Kinerja Word Embedding Word2Vec, Glove, Dan Fasttext Pada Klasifikasi Teks," *J. Tekno Kompak*, vol. 14, no. 2, pp. 74–79, 2020.
- [18] I. K. A. Enriko, F. N. Gustiyana, and R. H. Putra, "Komparasi Hasil Optimasi Pada Prediksi Harga Saham PT. Telkom Indonesia Menggunakan Algoritma Long Short Term Memory," *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 7, no. 2, pp. 659–667, 2023.
- [19] K. Azmi, S. Defit, and S. Sumijan, "Implementasi convolutional neural network (CNN) untuk klasifikasi batik tanah liat sumatera barat," *J. Unitek*, vol. 16, no. 1, pp. 28–40, 2023.



- [20] A. A. Suryanto and A. Muqtadir, “Penerapan metode mean absolute error (MEA) dalam algoritma regresi linear untuk prediksi produksi padi,” *Saintekbu*, vol. 11, no. 1, pp. 78–83, 2019.
- [21] M. A. Maricar, “Analisa perbandingan nilai akurasi moving average dan exponential smoothing untuk sistem peramalan pendapatan pada perusahaan xyz,” *J. Sist. dan Inform.*, vol. 13, no. 2, pp. 36–45, 2019.
- [22] S. Inayati, Y. Yuliana, and A. Hanafiah, “Prediksi Jumlah Peserta BPJS Penerima Bantuan Iuran (PBI) APBN menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng,” *Barekeng J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 15, no. 2, pp. 373–384, 2021.