



## **Korelasi Kasus Harian Covid-19 dan Pergerakan Saham Perusahaan Vaksin di Pasar Global Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM)**

**Gigih Setyaji<sup>1</sup>, Kusrini<sup>2</sup>**

Email: <sup>1</sup>gigihsetyaji@students.amikom.ac.id, <sup>2</sup>kusrini@amikom.ac.id

<sup>1,2</sup>Program Studi S2 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

Diterima: 20 Mei 2025 | Direvisi: 23 Juni 2025 | Disetujui: 29 Juli 2025

©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,  
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

### **Abstrak**

Studi ini menganalisis keterkaitan antara data kasus harian COVID-19 dan dinamika harga saham perusahaan vaksin dengan fokus pada AstraZeneca (AZN). Prediksi harga saham dilakukan melalui penerapan metode Long Short-Term Memory (LSTM) yang memanfaatkan data historis COVID-19 untuk mendeteksi pola pergerakan harga di tengah situasi krisis kesehatan global. Akurasi model ditingkatkan melalui proses optimasi hyperparameter menggunakan kerangka kerja Optuna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan jumlah kasus COVID-19 cenderung diikuti dengan tren kenaikan harga saham AstraZeneca, menunjukkan adanya keterkaitan erat antara kondisi kesehatan masyarakat dan respon pasar modal. Evaluasi model menunjukkan bahwa LSTM yang dioptimasi dengan Optuna memiliki performa prediksi yang lebih baik dibandingkan LSTM baseline, dengan peningkatan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari 0,88 menjadi 0,95. Peningkatan ini membuktikan bahwa pendekatan optimasi hyperparameter mampu meningkatkan kemampuan model dalam memahami pola data deret waktu yang kompleks. Dengan hasil tersebut, model ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai acuan bagi investor, analis keuangan, maupun pembuat kebijakan dalam memproyeksikan pergerakan harga saham di sektor kesehatan pada masa pandemi atau situasi darurat serupa di masa depan. Penelitian ini juga memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan teknologi prediksi berbasis kecerdasan buatan, khususnya dalam mengintegrasikan metode LSTM dengan proses tuning otomatis yang efisien. Temuan ini dapat menjadi dasar bagi riset lanjutan yang berfokus pada pengembangan metode hybrid atau penerapan mekanisme attention untuk meningkatkan akurasi prediksi pasar modal di masa mendatang.

**Kata kunci:** covid-19, saham vaksin, long short-term memory, optuna, prediksi harga saham

### ***Correlation between daily COVID-19 cases and vaccine company stock movements in the global market using Long Short-Term Memory (LSTM)***

#### **Abstract**

*This study analyzes the relationship between daily COVID-19 case data and the dynamics of vaccine company stock prices with a focus on AstraZeneca (AZN). Stock price prediction is carried out by applying the Long Short-Term Memory (LSTM) method that utilizes historical COVID-19 data to detect price movement patterns amidst the global health crisis. Model accuracy is improved through a hyperparameter optimization process using the Optuna framework. The results show that the decline in the number of COVID-19 cases tends to be followed by an upward trend in AstraZeneca stock prices, indicating a close relationship between public health conditions and capital market responses. Model evaluation shows that the LSTM optimized with Optuna has better prediction performance than the baseline LSTM, with an increase in the coefficient of determination ( $R^2$ ) value from 0.88 to 0.95. This increase proves that the hyperparameter optimization approach is able to improve the model's ability to understand complex time series data patterns. With these results, this model is expected to be used as a reference for investors, financial analysts, and policy makers in projecting stock price movements in the health sector during a pandemic or similar emergency situations in the future. This research also provides practical contributions to the development of artificial intelligence-based prediction technology, especially in integrating the LSTM method with an efficient automatic tuning process.*

**Keywords:** covid-19, vaccine stock, long short-term memory, optuna, stock price prediction

---

## 1. PENDAHULUAN

Sejak akhir tahun 2019, kemunculan pandemi COVID-19 telah membawa dampak besar terhadap berbagai aspek kehidupan, mulai dari kesehatan global hingga kestabilan pasar ekonomi dan keuangan. Salah satu sektor yang terdampak signifikan adalah industri farmasi, khususnya perusahaan yang mengembangkan vaksin seperti AstraZeneca, Pfizer, Moderna, dan BioNTech. Selama periode tersebut, harga saham perusahaan-perusahaan ini mengalami volatilitas yang erat kaitannya dengan perkembangan kasus harian COVID-19 dan distribusi vaksin. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa respons publik terhadap kebijakan vaksinasi, yang dapat dilacak melalui media sosial, turut memengaruhi persepsi pasar [1]. Pendekatan statistik seperti metode peramalan sederhana telah digunakan untuk memodelkan lonjakan kasus COVID-19, menggarisbawahi pentingnya pemodelan berbasis data historis dalam penanganan krisis [2].

Pendekatan berbasis *machine learning* dan model statistik otomatis seperti ARIMA dan Prophet telah digunakan secara luas untuk memprediksi kasus COVID-19. Penelitian oleh Sardar et al. menunjukkan bahwa model ARIMA secara umum lebih akurat dibandingkan model lain seperti GLMNet dan Prophet di sebagian besar negara SAARC [3].

Dalam dunia teknologi informasi, analisis deret waktu (*time-series*) menjadi area yang semakin mendapat perhatian, terutama dalam prediksi harga saham. Model-model tradisional seperti ARIMA banyak diterapkan, namun keterbatasannya dalam menangkap pola non-linier membuat pendekatan berbasis *deep learning* seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) lebih relevan dalam konteks situasi ekstrem seperti pandemi [4][5].

Untuk meningkatkan performa model prediktif, proses penyesuaian hyperparameter sangat diperlukan. Salah satu metode efektif yang dapat digunakan adalah *Optuna*, yaitu kerangka kerja optimasi berbasis Bayesian yang memanfaatkan *Tree-structured Parzen Estimator* (TPE), sebagaimana direkomendasikan Bacanin et al. [6] sebagai alternatif metode tuning selain metaheuristik. Metode ini terbukti meningkatkan akurasi model lebih baik dibandingkan konfigurasi manual.

Penelitian ini mengkaji hubungan antara jumlah kasus COVID-19 dan pergerakan saham perusahaan vaksin global dengan fokus pada saham AstraZeneca (AZN). Tujuan utama dari studi ini adalah merancang model prediksi berbasis LSTM yang disempurnakan menggunakan Optuna, sebagai kontribusi untuk pengembangan sistem prediksi pasar keuangan dan kesehatan berbasis kecerdasan buatan, khususnya dalam situasi krisis global.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Analisis Masalah

Pandemi COVID-19 memicu ketidakpastian ekonomi global yang memengaruhi pergerakan harga saham, khususnya pada perusahaan farmasi pengembang vaksin. Harga saham di sektor ini menunjukkan korelasi yang kuat terhadap jumlah kasus harian yang dilaporkan secara global. Oleh karena itu, investor dan pembuat kebijakan memerlukan model prediktif berbasis data yang dapat mendeteksi pola keterkaitan tersebut secara akurat.

Permasalahan utama yang hendak dipecahkan dalam studi ini adalah merancang sistem prediksi harga saham untuk perusahaan vaksin yang mampu menangani kompleksitas data seperti pola non-linier, variabilitas harian yang tinggi (noise), dan ketergantungan temporal jangka panjang. Ruan et al. [7] juga membuktikan bahwa model LSTM mampu menangkap pola non-linier dan deviasi harga saham pada periode pasar yang bersifat anomali, sehingga relevan untuk konteks pandemi COVID-19.

Dalam berbagai studi sebelumnya, ARIMA dan Facebook Prophet digunakan sebagai metode baseline dalam prediksi harga saham. Namun, performanya cenderung menurun ketika diterapkan pada data dengan variabilitas tinggi seperti saham farmasi selama pandemi, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih adaptif seperti LSTM [8].

### 2.2. Desain Metode Penelitian

Strategi pemecahan masalah pada penelitian ini menerapkan arsitektur Long Short-Term Memory (LSTM), yang merupakan bagian dari jaringan saraf tiruan (Recurrent Neural Network) untuk mengolah data runtut waktu (time series). Untuk memaksimalkan kinerja model, dilakukan proses tuning terhadap parameter-parameter utama menggunakan Optuna, yaitu framework berbasis optimasi Bayesian dengan pendekatan Tree-structured Parzen Estimator (TPE) [6][9].

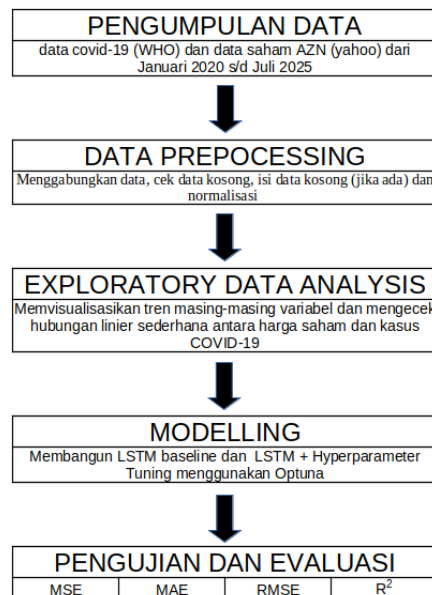
Beberapa penelitian terdahulu, seperti Bouktif et al. [10], membuktikan bahwa pendekatan metaheuristik seperti Genetic Algorithm (GA) dan Particle Swarm Optimization (PSO) juga efektif untuk tuning hyperparameter LSTM pada data deret waktu

**Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech)** Vol. 6, No. 2, Agustus 2025, hal. 181-188 yang kompleks. Namun, penelitian ini memilih Optuna karena framework ini lebih ringan secara komputasi dan cocok untuk konfigurasi awal.

Meskipun model hybrid seperti ARIMA-LSTM memiliki potensi akurasi tinggi, penelitian ini memfokuskan pada LSTM murni karena efektivitasnya dalam memodelkan ketergantungan non-linier, sekaligus menjaga kesederhanaan sistem [11].

Temuan serupa juga disampaikan oleh Yadav [12], yang menyatakan bahwa meskipun LSTM membutuhkan daya komputasi lebih besar, model ini unggul dalam mengenali pola jangka panjang dalam data deret waktu dibanding ARIMA dan Prophet.

Diagram alur pelaksanaan metode dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

### 2.3. Penjelasan Rinci Metode

#### a. Pengumpulan Data

- 1) Informasi jumlah kasus COVID-19 harian dikumpulkan dari sumber resmi World Health Organization (WHO).
- 2) Data harga penutupan harian saham AstraZeneca (AZN) diperoleh melalui API dari Yahoo Finance menggunakan pustaka Python yfinance.

#### b. Data Preprocessing

- 1) Menggabungkan data berdasarkan tanggal.
- 2) Cek data kosong (NaN) atau nilai hilang.
- 3) Isi data kosong (misalnya forward fill).
- 4) Normalisasi Skala data ke 0–1 (agar LSTM stabil) menggunakan MinMaxScaler.

#### c. Exploratory Data Analysis

- 1) Visualisasi tren, membuat plot harga saham vs waktu dan plot kasus COVID-19 vs waktu.
- 2) Cek korelasi linier dengan menghitung matriks korelasi dan mencari pola hubungan awal.

#### d. Modelling

- 1) Membangun LSTM baseline yaitu Model LSTM dasar (tanpa tuning).
- 2) Hyperparameter tuning dengan Optuna untuk cari kombinasi parameter terbaik (neurons, batch size, epochs, learning rate, dll).

#### e. Pengujian dan Evaluasi

Evaluasi performa model dilakukan dengan beberapa metrik statistik, yakni:

- 1) Mean Absolute Error (MAE)
- 2) Root Mean Squared Error (RMSE)
- 3) Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengumpulan Data

##### a. Data jumlah kasus kematian harian akibat Covid-19

Tabel 1. Data jumlah kasus kematian akibat COVID-19

|             | Date       | Cases |
|-------------|------------|-------|
| <b>0</b>    | 2020-01-04 | 0     |
| <b>1</b>    | 2020-01-05 | 3     |
| <b>2</b>    | 2020-01-06 | 0     |
| <b>3</b>    | 2020-01-07 | 0     |
| ...         | ...        | ...   |
| <b>1979</b> | 2025-06-05 | 13    |
| <b>1980</b> | 2025-06-06 | 12    |
| <b>1981</b> | 2025-06-07 | 12    |
| <b>1982</b> | 2025-06-08 | 0     |

Tabel 1 menyajikan data jumlah kasus kematian harian akibat COVID-19 yang dicatat mulai dari awal tahun 2020 hingga pertengahan tahun 2025. Data ini digunakan sebagai variabel independen untuk dianalisis hubungannya dengan pergerakan harga saham perusahaan vaksin.

##### b. Data harga saham AstraZeneca (AZN)

Tabel 2. Data Harga Saham AstraZeneca (AZN)

| Price       | Date       | Close     | High      | Low       | Open      | Volume  |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| <b>0</b>    | 2020-01-06 | 43.571545 | 43.868544 | 43.449251 | 43.711309 | 1992300 |
| <b>1</b>    | 2020-01-07 | 43.737503 | 43.938414 | 43.562797 | 43.798650 | 1871900 |
| <b>2</b>    | 2020-01-08 | 43.632679 | 43.824853 | 43.457973 | 43.562795 | 1869000 |
| <b>3</b>    | 2020-01-09 | 43.746235 | 43.833586 | 43.527853 | 43.702556 | 1959000 |
| ...         | ...        | ...       | ...       | ...       | ...       | ...     |
| <b>1359</b> | 2025-06-03 | 71.820000 | 72.529999 | 71.650002 | 72.180000 | 4514500 |
| <b>1360</b> | 2025-06-04 | 73.000000 | 73.389999 | 72.410004 | 72.610001 | 3620700 |
| <b>1361</b> | 2025-06-05 | 72.349998 | 72.930000 | 72.180000 | 72.889999 | 3974800 |
| <b>1362</b> | 2025-06-06 | 72.879997 | 73.169998 | 72.419998 | 72.419998 | 2453900 |

Tabel 2 menampilkan data harga penutupan harian saham AstraZeneca (AZN) beserta informasi harga tertinggi, terendah, harga pembukaan, dan volume perdagangan dalam periode penelitian. Data ini menjadi variabel dependen yang dianalisis hubungannya dengan kasus COVID-19.

#### 3.2. Data Preprocessing

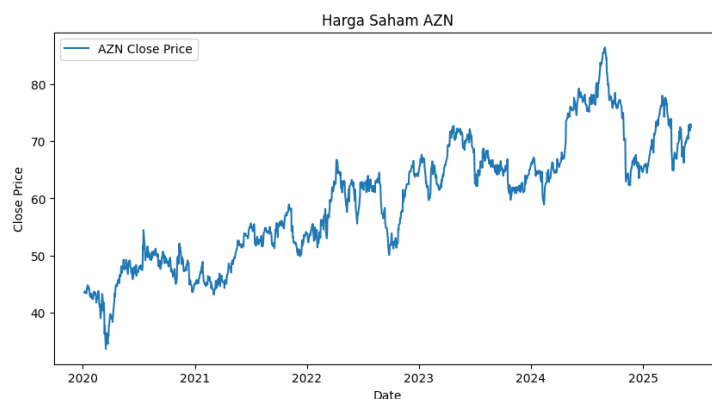
Tabel 3. Data Gabungan Penutupan Harga Saham AstraZeneca (AZN) dan Kasus Kematian Covid-19

|             | Close    | Cases    | Date       |
|-------------|----------|----------|------------|
| <b>0</b>    | 0.187623 | 0.052680 | 2020-01-06 |
| <b>1</b>    | 0.190772 | 0.052680 | 2020-01-07 |
| <b>2</b>    | 0.188783 | 0.052680 | 2020-01-08 |
| <b>3</b>    | 0.190938 | 0.052680 | 2020-01-09 |
| ...         | ...      | ...      | ...        |
| <b>1359</b> | 0.723618 | 0.055049 | 2025-06-03 |

|      |          |          |            |
|------|----------|----------|------------|
| 1360 | 0.746008 | 0.052845 | 2025-06-04 |
| 1361 | 0.733675 | 0.052895 | 2025-06-05 |
| 1362 | 0.743731 | 0.052878 | 2025-06-06 |

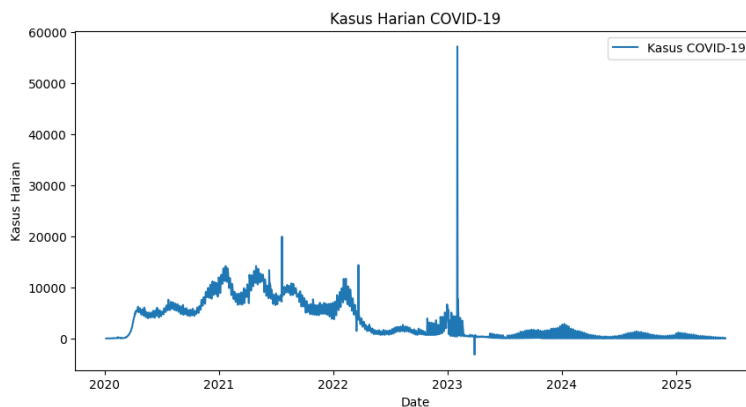
Tabel 3 memuat data hasil penggabungan harga penutupan harian saham AstraZeneca dengan jumlah kasus kematian COVID-19 pada tanggal yang sama. Data ini digunakan sebagai dasar analisis korelasi dan pemodelan prediksi.

### 3.3. Exploratory Data Analysis



Gambar 2. Plot harga saham

Gambar 2 menunjukkan tren harga penutupan saham AstraZeneca (AZN) dari tahun 2020 hingga pertengahan 2025. Secara umum, harga saham mengalami tren kenaikan dengan fluktuasi yang cukup signifikan, terutama pada periode 2023–2024, di mana terjadi lonjakan harga yang mencapai puncak tertinggi di atas 80 sebelum kembali turun dan stabil di kisaran 70–75 pada tahun 2025. Grafik ini digunakan untuk melihat pola historis sebagai dasar analisis korelasi dengan data kasus COVID-19 dan pemodelan prediksi harga saham.



Gambar 3. Plot kasus COVID-19

Gambar 3 menunjukkan jumlah kasus harian COVID-19 dari tahun 2020 hingga pertengahan 2025. Terlihat beberapa gelombang besar peningkatan kasus, terutama pada periode 2020–2022 dengan puncak kasus yang mencapai lebih dari 50.000 per hari. Setelah awal 2023, tren kasus cenderung menurun secara signifikan dan fluktuasi harian semakin kecil hingga 2025. Grafik ini digunakan untuk memahami pola penyebaran COVID-19 dan dianalisis hubungannya dengan pergerakan harga saham AstraZeneca.

Tabel 4. Korelasi Sederhana

|       | Date     | Close    | Cases     |
|-------|----------|----------|-----------|
| Date  | 1.000000 | 0.899720 | -0.609693 |
| Close | 0.899720 | 1.000000 | -0.593404 |

Tabel 4 menampilkan hasil perhitungan korelasi sederhana antara tiga variabel utama dalam penelitian ini, yaitu tanggal (Date), harga penutupan saham AstraZeneca (Close), dan jumlah kasus kematian COVID-19 (Cases). Nilai korelasi menunjukkan derajat

hubungan linier antar variabel. Terlihat bahwa variabel Date memiliki korelasi positif yang tinggi dengan harga penutupan saham (0,899720) yang mengindikasikan bahwa harga saham cenderung meningkat seiring waktu dalam periode pengamatan. Sementara itu, korelasi antara Date dengan jumlah kasus COVID-19 menunjukkan nilai negatif (-0,609693) yang menandakan tren penurunan kasus seiring berjalannya waktu. Adapun korelasi antara harga saham dengan jumlah kasus juga menunjukkan nilai negatif (-0,593404) yang mengindikasikan bahwa peningkatan harga saham AstraZeneca cenderung diikuti dengan penurunan jumlah kasus COVID-19. Hasil korelasi ini memberikan indikasi awal adanya hubungan linier sederhana yang mendukung analisis lanjutan menggunakan model prediktif LSTM.

### 3.4. Modelling

#### 1. LSTM Baseline

Tabel 5. Training Parameters LSTM Baseline

| Parameter        | Value            |
|------------------|------------------|
| Model            | LSTM             |
| Epochs           | 20               |
| Batch Size       | 32               |
| Look Back        | 5                |
| LSTM Units       | [50, 50]         |
| Optimizer        | Adam             |
| Learning Rate    | default (0.001)  |
| Loss Function    | MSE              |
| Validation Split | 20%              |
| Framework        | TensorFlow Keras |

Tabel 5 menyajikan detail parameter pelatihan yang digunakan untuk membangun model LSTM baseline dalam penelitian ini. Model baseline ini berfungsi sebagai titik awal untuk membandingkan performa dengan model LSTM hasil tuning. Parameter yang ditetapkan meliputi jumlah epochs sebanyak 20 kali pelatihan, batch size sebesar 32, serta look back window sepanjang 5 langkah waktu ke belakang untuk mempelajari pola deret waktu. Jumlah unit LSTM ditetapkan sebanyak dua lapisan dengan masing-masing 50 unit. Optimizer yang digunakan adalah Adam dengan learning rate default 0.001, sementara fungsi kerugian (loss function) menggunakan Mean Squared Error (MSE). Proses pelatihan dilakukan dengan validation split sebesar 20% untuk memantau performa model pada data validasi. Seluruh proses dijalankan menggunakan framework TensorFlow Keras. Konfigurasi ini bertujuan memberikan gambaran awal kapabilitas model sebelum dilakukan optimasi parameter lebih lanjut dengan Optuna.

#### 2. LSTM + Hyperparameter tuning dengan Optuna

Tabel 6. Training Parameters LSTM + Hyperparameter tuning dengan Optuna

| Parameter  | Value                 |
|------------|-----------------------|
| units      | 73                    |
| layers     | 1                     |
| dropout    | 0.4094813032321808    |
| lr         | 0.0067441231790178625 |
| batch_size | 16                    |

Tabel 6 menjelaskan konfigurasi parameter pelatihan model LSTM yang telah dioptimasi menggunakan teknik hyperparameter tuning dengan Optuna. Optuna merupakan framework optimasi berbasis Bayesian yang digunakan untuk menemukan kombinasi parameter terbaik agar model mencapai akurasi prediksi yang lebih tinggi. Hasil tuning menunjukkan bahwa konfigurasi optimal terdiri dari 1 lapisan LSTM dengan 73 unit, nilai dropout sebesar 0,4094 untuk mengurangi risiko overfitting, dan learning rate yang disesuaikan menjadi sekitar 0,0067 untuk mengatur kecepatan pembelajaran model. Batch size ditetapkan sebesar 16 untuk menyesuaikan pembaruan bobot model pada setiap iterasi. Seluruh parameter ini diperoleh melalui proses pencarian otomatis Optuna yang memanfaatkan pendekatan Tree-structured Parzen Estimator (TPE), sehingga diharapkan dapat menghasilkan model prediksi dengan kinerja yang lebih optimal dibandingkan model baseline.

### 3.5. Pengujian dan Evaluasi

Tabel 7. Perbandingan Pengujian dan Evaluasi

|  | MSE      | MAE      | RMSE     | R <sup>2</sup> |
|--|----------|----------|----------|----------------|
| LSTM Baseline                              | 0.001282 | 0.026005 | 0.035807 | 0.888931       |
| LSTM + Hyperparameter tuning dengan Optuna | 0.000508 | 0.016932 | 0.022541 | 0.955984       |

Tabel 7 menampilkan hasil perbandingan performa model LSTM baseline dengan model LSTM yang telah dioptimasi melalui hyperparameter tuning menggunakan Optuna. Evaluasi dilakukan menggunakan empat metrik statistik, yaitu Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>). Hasil menunjukkan bahwa model baseline memiliki MSE sebesar 0,001282, MAE sebesar 0,026005, RMSE sebesar 0,035807, dan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,888931. Setelah dilakukan tuning, model menunjukkan peningkatan signifikan dengan MSE turun menjadi 0,000508, MAE menjadi 0,016932, RMSE menjadi 0,022541, dan R<sup>2</sup> meningkat menjadi 0,955984. Peningkatan ini membuktikan bahwa proses hyperparameter tuning berhasil menghasilkan model yang lebih akurat dan andal dalam memprediksi harga saham AstraZeneca berdasarkan data kasus COVID-19.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah kasus harian COVID-19 dengan pergerakan harga saham perusahaan vaksin, khususnya AstraZeneca (AZN). Analisis korelasi sederhana menunjukkan bahwa peningkatan harga saham cenderung diikuti oleh penurunan jumlah kasus COVID-19, yang mengindikasikan adanya keterkaitan erat antara tren kesehatan global dan sentimen pasar saham.

Penerapan model Long Short-Term Memory (LSTM) terbukti efektif untuk memodelkan pola non-linier dan ketergantungan jangka panjang pada data deret waktu yang kompleks selama pandemi. Proses tuning hyperparameter menggunakan Optuna berhasil meningkatkan performa model secara signifikan dibandingkan konfigurasi LSTM baseline. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai MSE, MAE, RMSE, dan peningkatan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) dari 0,88 menjadi 0,95.

Dengan demikian, model prediksi berbasis LSTM yang dioptimasi ini dapat diimplementasikan sebagai salah satu alat bantu analisis bagi investor, pembuat kebijakan, dan pihak terkait untuk memantau dan memprediksi pergerakan harga saham di sektor kesehatan pada situasi krisis global serupa di masa mendatang.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan metode EWT dan attention mechanism sebagaimana disarankan Klaar et al. [13] guna meningkatkan kualitas sinyal data dan akurasi prediksi harga saham.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Amikom Yogyakarta atas segala bentuk dukungan akademik dan fasilitas yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan penulis kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan masukan berharga dalam penyusunan karya ilmiah ini.

Penghargaan turut diberikan kepada WHO dan Yahoo Finance sebagai penyedia data yang menjadi fondasi utama dalam penelitian. Terima kasih juga kepada keluarga dan rekan-rekan seperjuangan atas dukungan moral, semangat, dan doa yang senantiasa mengiringi proses ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ash Shiddicky and Surya Agustian, "Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Kebijakan Vaksinasi Covid-19 pada Media Sosial Twitter menggunakan Metode Logistic Regression," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, no. 2, pp. 99–106, Aug. 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3836.
- [2] W. Mulyana, Aryanto, and M. Aprilia, "Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Kasus Positif COVID 10 di Kabupaten Bengkalis," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, no. 3, pp. 415–421, Dec. 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i3.4363.
- [3] I. Sardar, M. A. Akbar, V. Leiva, A. Alsanad, and P. Mishra, "Machine learning and automatic ARIMA/Prophet models-based forecasting of COVID-19: methodology, evaluation, and case study in SAARC countries," *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 37, no. 1, pp. 345–359, Jan. 2023, doi: 10.1007/s00477-022-02307-x.
- [4] V. Chang, Q. A. Xu, A. Chidozie, and H. Wang, "Predicting Economic Trends and Stock Market Prices with Deep Learning and Advanced Machine Learning Techniques," *Electronics (Switzerland)*, vol. 13, no. 17, Sep. 2024, doi: 10.3390/electronics13173396.
- [5] S. P. Cumbane and G. Gidófalvi, "Deep learning-based approach for COVID-19 spread prediction," *Int J Data Sci Anal*, 2024, doi: 10.1007/s41060-024-00558-1.

- [6] N. Bacanin, C. Stoean, M. Zivkovic, M. Rakic, R. Strulak-Wójcikiewicz, and R. Stoean, "On the Benefits of Using Metaheuristics in the Hyperparameter Tuning of Deep Learning Models for Energy Load Forecasting," Feb. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/en16031434.
- [7] J. Ruan, W. Wu, and J. Luo, "Stock Price Prediction under Anomalous Circumstances," in *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 4787–4794. doi: 10.1109/BigData50022.2020.9378030.
- [8] A. Garlapati, D. R. Krishna, K. Garlapati, N. M. Srikara Yaswanth, U. Rahul, and G. Narayanan, "Stock Price Prediction Using Facebook Prophet and Arima Models," in *2021 6th International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Apr. 2021. doi: 10.1109/I2CT51068.2021.9418057.
- [9] Q. Huang, "Forecasting Stock Prices Using Multi-Macroeconomic Regressors Based on the Facebook Prophet Model," 2022.
- [10] S. Bouktif, A. Fiaz, A. Ouni, and M. A. Serhani, "Multi-sequence LSTM-RNN deep learning and metaheuristics for electric load forecasting," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 2, 2020, doi: 10.3390/en13020391.
- [11] S. Jain, S. Agrawal, E. Mohapatra, and K. Srinivasan, "A novel ensemble ARIMA-LSTM approach for evaluating COVID-19 cases and future outbreak preparedness," *Health Care Science*, Dec. 2024, doi: 10.1002/hcs2.123.
- [12] S. Yadav, "A Comparative Study of ARIMA, Prophet and LSTM for Time Series Prediction," *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Data Science*, vol. 1, no. 1, pp. 1813–1816, Feb. 2023, doi: 10.51219/JAIMLD/sandeep-yadav/402.
- [13] A. C. R. Klaar, S. F. Stefenon, L. O. Seman, V. C. Mariani, and L. dos S. Coelho, "Optimized EWT-Seq2Seq-LSTM with Attention Mechanism to Insulators Fault Prediction," *Sensors*, vol. 23, no. 6, Mar. 2023, doi: 10.3390/s23063202.