

IMPLEMENTASI BILSTM DAN CUCKOO SEARCH OPTIMIZATION PADA APLIKASI PREDIKSI HARGA EMAS ANTAM

Mochamad Nurul Taukid, Yisti Vita Via, Eva Yulia Puspaningrum

Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

yistivia.if@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Emas merupakan komoditas utama yang diminati investor karena dianggap sebagai *safe haven* yang dapat melindungi dan meningkatkan kekayaan. Namun, investasi emas memiliki risiko akibat fluktuasi harga yang tajam. Oleh karena itu, prediksi harga emas sangat penting untuk membantu investor menentukan waktu yang tepat dalam membeli dan menjual emas guna meningkatkan potensi keuntungan. Penelitian ini menggunakan metode prediksi hybrid BiLSTM-CSO, yang menggabungkan kemampuan BiLSTM dalam mengelola data deret waktu dua arah dengan algoritma CSO untuk mengoptimasi *hyperparameter* seperti jumlah neuron pada setiap *hidden layer*, *batch size*, dan *dropout rate*, sehingga dapat meningkatkan akurasi prediksi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model ini mampu memberikan performa prediksi yang baik dengan nilai RMSE sebesar 0.01315 dan MAPE sebesar 0.81%. Model ini kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi web yang menjadi potensi sebagai alat bantu yang informatif untuk memantau dan memprediksi harga emas.

Kata kunci : Investasi Emas, Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM), Cuckoo Search Optimization (CSO)

1. PENDAHULUAN

Emas merupakan logam mulia yang banyak diminati sebagai instrumen investasi karena dianggap sebagai *safe haven* yang mampu menjaga dan meningkatkan nilai kekayaan. Selain memiliki harga yang relatif tinggi dibandingkan logam mulia lain, emas juga memiliki rata-rata pengembalian tahunan hampir 8% sejak tahun 1971 menurut World Gold Council [1]. Dalam survei pasar ritel global, emas menempati posisi ketiga sebagai instrumen investasi utama [2]. Namun demikian, harga emas sangat fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor global seperti nilai tukar, inflasi, ketidakpastian politik, serta kebijakan moneter, sehingga menyebabkan risiko kerugian dalam investasi [3].

Prediksi harga emas menjadi penting untuk membantu investor menentukan waktu transaksi yang tepat. Salah satu pendekatan yang menjanjikan dalam memprediksi data time series adalah dengan menggunakan algoritma *Bidirectional Long Short-Term Memory* (BiLSTM), yang mampu memproses data historis dari dua arah dan menangani hubungan jangka panjang antar data [4]. Untuk meningkatkan akurasi model, diperlukan optimasi *hyperparameter*, yang dalam penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma *Cuckoo Search Optimization* (CSO). CSO merupakan algoritma metaheuristik berbasis perilaku burung cuckoo yang efektif dalam menjelajahi ruang solusi optimal melalui mekanisme *Lévy flight* [5]. Data yang digunakan adalah harga historis emas Antam per gram dari 1 Januari 2014 hingga 31 Desember 2024.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah menggabungkan BiLSTM dan CSO untuk prediksi

harga saham dan menghasilkan nilai error yang rendah. Wang dan rekan-rekannya menggunakan kombinasi BiLSTM dan CSO-RBF dalam prediksi saham Tiongkok dan mencapai MAPE di bawah 1.2% [6]. Gufron dan Saepudin juga menunjukkan efektivitas BiLSTM-CSO dalam memprediksi return saham IDX30 dengan RMSE rata-rata sebesar 0.0557 [7]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi harga emas menggunakan algoritma BiLSTM yang dioptimasi dengan CSO. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi BiLSTM dan CSO efektif digunakan untuk prediksi *time series* dengan tingkat *error* yang rendah. Kemudian penelitian prediksi harga emas juga pernah dilakukan oleh Prasetyo dan rekan-rekannya menggunakan LSTM untuk memprediksi harga emas berdasarkan data historis dari gold.org (Mei 2020–April 2021) dengan interval 15 menit. Model mencapai akurasi 87,84% dan RMSE sebesar 0,0268, membuktikan bahwa prediksi dapat dilakukan efektif dengan satu variabel yaitu data historis harga emas [8].

2.2. Harga Emas

Emas adalah salah satu aset berharga yang sering dimanfaatkan sebagai perhiasan, koleksi, dan juga investasi jangka panjang. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan harga emas yang terus meningkat, sehingga menarik perhatian banyak orang yang ingin berinvestasi. Harga emas memiliki hubungan langsung dengan tingkat inflasi, di mana kenaikan inflasi biasanya menyebabkan harga emas meningkat, sementara penurunan inflasi cenderung menurunkan harga emas [9]. Perubahan harga emas yang terjadi secara terus-menerus menjadikannya subjek menarik untuk diprediksi. Harga emas sering menunjukkan

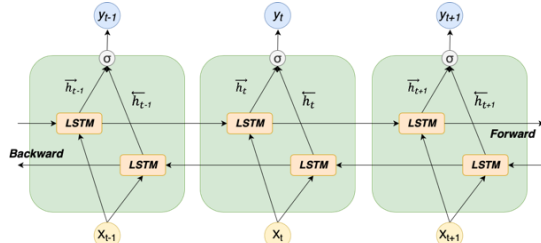
fluktuasi dari waktu ke waktu. Menurut data dari *World Gold Council*, dalam 10 tahun terakhir, harga emas mengalami fluktuasi yang cukup signifikan [10]. Meski dunia dilanda pandemi COVID-19, harga emas tetap menunjukkan tren kenaikan dalam lima tahun terakhir. Berdasarkan penelitian sebelumnya, harga emas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti nilai tukar mata uang, harga saham, harga minyak, dan tingkat inflasi [11].

2.3. Forecasting

Prediksi atau *forecasting* merupakan proses memperkirakan kejadian di masa depan dengan menggunakan informasi dari data historis melalui pendekatan ilmiah [12]. Prediksi ini dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti bisnis dan industri, ekonomi, ilmu lingkungan, serta keuangan [13]. Prediksi berbasis empiris dapat memberikan landasan yang kuat bagi investor maupun masyarakat umum dalam merencanakan dan mengambil keputusan, sehingga dapat memaksimalkan keuntungan, terutama dalam memperkirakan harga emas di masa depan. Model data yang digunakan untuk memprediksi pergerakan harga emas adalah *time series* [14]. Model *time series* digunakan untuk menganalisis data yang tersusun secara berurutan berdasarkan waktu.

2.4. Bidirectional Long Short Term Memory

Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM) adalah versi *Long Short Term Memory* (LSTM) yang disempurnakan yang dapat meningkatkan kinerja dari LSTM. Sementara LSTM memproses data dalam satu arah, BiLSTM memproses data dalam arah maju dan mundur, yang membantu model untuk memahami konteks dengan lebih baik [15]. Pada metode *Recurrent Neural Network* (RNN) hanya menggunakan konteks sebelumnya yaitu satu arah. Dalam model RNN tradisional dan model LSTM informasi hanya dapat bergerak ke arah depan, sehingga keadaan pada waktu t hanya dipengaruhi oleh informasi yang ada sebelum waktu t [16]. BiLSTM lebih unggul dalam menangkap dependensi jangka panjang dan pendek secara simultan dalam data *time series*.



Gambar 1. Arsitektur BiLSTM

Pada arsitektur tersebut, dapat dijelaskan bahwa keluaran dari lapisan maju pada waktu t adalah $h_t = LSTM(x_t, h_{t-1})$, sedangkan untuk proses mundur (*backward*), keluaran pada waktu t adalah $\bar{h}_t = LSTM(x_t, h_{t+1})$. Output akhir dari BiLSTM merupakan penggabungan antara hasil dari arah maju

(*forward*) dan mundur (*backward*), yang ditulis sebagai $h_t = [\bar{h}_t, h_t]$ [16].

$$y_t = U_y \bar{h}_t + W_y h_t + b_y \quad (1)$$

y_t = Output pada jaringan waktu t

U_y = Nilai bobot *output gate* pada $\bar{h}_t$

$\bar{h}_t$ dan h_t = Nilai *forward* dan *backward*

W_y = Nilai bobot pada *output gate* pada h_t

b_y = Vektor bias

2.5. Cuckoo Search Optimization

Cuckoo Search Optimization (CSO) merupakan algoritma metaheuristik yang diperkenalkan oleh Xin-She Yang dan Suash Deb pada tahun 2009, yang terinspirasi dari perilaku parasitik burung cuckoo dalam meletakkan telurnya di sarang burung lain serta mekanisme *Lévy flight* untuk menjelajahi ruang solusi secara stokastik [17]. CSO bekerja berdasarkan tiga aturan utama: (1) setiap burung cuckoo hanya meletakkan satu telur dalam satu waktu di sarang yang dipilih secara acak; (2) sarang dengan kualitas telur terbaik akan diwariskan ke generasi berikutnya; dan (3) jumlah sarang tetap, namun terdapat probabilitas $P_a \in [0,1]$ bahwa telur asing akan ditemukan oleh burung inang, yang kemudian dapat memilih untuk membuang telur tersebut atau meninggalkan sarangnya [18]. Dalam proses optimasi, posisi solusi diperbarui berdasarkan jalur pencarian stokastik yang ditentukan oleh distribusi Lévy, sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan 2 berikut.

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \alpha_0 \frac{\varphi \mu}{|v|^{\beta}} (x_i^t - x_{best}) \quad (2)$$

Nilai distribusi Lévy sendiri dihitung menggunakan persamaan 3 berikut.

$$Lévy(\lambda) = \frac{\mu}{|v|^{\beta}} \quad (3)$$

μ = Nilai stokastik acak ($\mu \sim \mathcal{N}(0, \varphi_{\mu}^2)$)

v = Varibel acak ($v \sim \mathcal{N}(0,1)$)

β = Parameter kontrol penentu ekor berat

Sementara faktor skala distribusi Lévy φ ditentukan oleh persamaan 4 berikut.

$$\varphi = \left(\frac{\Gamma(1 + \beta) \cdot \sin\left(\pi \frac{\beta}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1 + \beta}{2}\right) \cdot \beta \times 2^{\frac{\beta-1}{2}}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

Γ = Fungsi gamma

$\sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)$ = Fungsi sinus untuk bobot tambahan

2.6. Root Mean Square Error

Root Mean Square Error (RMSE) adalah metrik yang efektif untuk membandingkan tingkat kesalahan dalam prediksi, bukan antar variabel, tetapi antara model yang berbeda pada variabel tertentu. Hal ini disebabkan oleh sifat RMSE yang bergantung pada skala data. RMSE berfungsi sebagai agregat untuk mengukur besarnya kesalahan prediksi, dengan menyajikan ukuran Tunggal yang mencerminkan

akurasi model. Perhitungan RMSE dilakukan dengan menghitung akar kuadrat dari rata-rata selisih kuadrat antara nilai prediksi dan nilai aktual. Pendekatan ini memungkinkan RMSE untuk memberikan Gambaran tentang rata-rata kesalahan dalam satuan yang sama dengan data aslinya [19].

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_1 - \hat{y}_1)^2}{n}} \quad (5)$$

$\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n$ = Nilai yang diprediksi
 $y_1, y_2, \dots, y_n$ = Nilai aktual yang diamati
 n = Jumlah data yang diamati

2.7. Mean Absolute Percentage Error

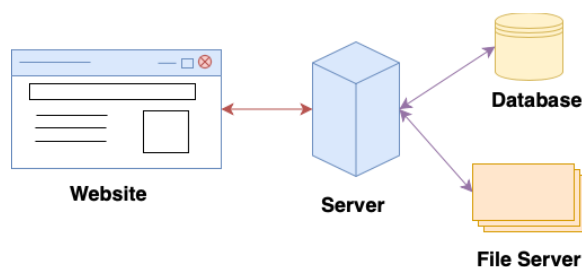
Mean Absolute Percentage Error (MAPE) digunakan untuk mengukur persentase kesalahan dengan membandingkan nilai aktual dengan nilai prediksi [20]. MAPE dihitung dengan cara membagi kesalahan absolut setiap periode dengan jumlah total pengamatan yang digunakan, kemudian rata-rata persentase kesalahan tersebut dihitung. Persamaan untuk menghitung MAPE dapat dilihat pada persamaan 6.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - f_t|}{x_t} 100 \quad (6)$$

$x_1, x_2, \dots, x_t$ = Nilai data aktual ke- t
 $f_1, f_2, \dots, f_t$ = Nilai data prediksi ke- t
 n = Banyaknya periode waktu

2.8. Aplikasi Web

Aplikasi web adalah kumpulan halaman yang disimpan di *server web* dan diakses secara *online* melalui URL sebagai alamat unik. Gambar 2 menunjukkan interaksi antara pengguna, server, dan database, di mana server memproses permintaan, mengambil data dari database, dan mengirimkannya kembali ke pengguna [21].

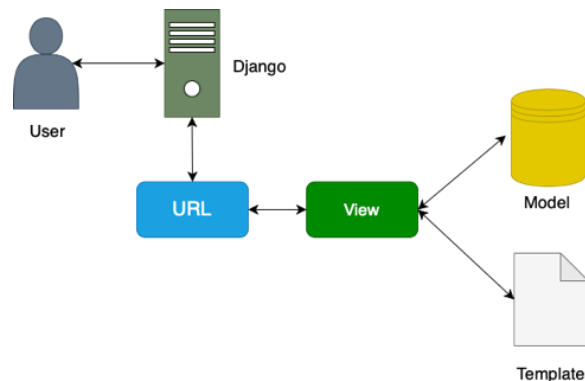


Gambar 2. Struktur Aplikasi Web

Saat ini, pengembangan aplikasi web banyak menggunakan *framework*, yaitu alat bantu yang menyediakan struktur dan fungsi dasar, sehingga mempermudah dan mempercepat proses pembuatan aplikasi web. *Framework* seperti Django untuk Python yang memungkinkan pengembang fokus pada logika aplikasi dan pengalaman pengguna, sementara aspek teknis yang kompleks ditangani oleh *framework*, menjamin efisiensi, konsistensi, dan keamanan.

2.9. Django

Django adalah *framework* web berbasis Python yang mendukung *rapid development* dan memudahkan pengelolaan situs serta database kompleks. Salah satu fitur unggulannya adalah *Object Relational Mapper* (ORM) yang memungkinkan pengubahan struktur database tanpa perlu menyesuaikan kueri SQL [22].

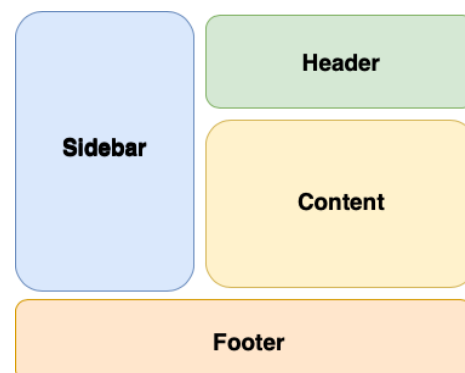


Gambar 3. Arsitektur Django (MVT)

Gambar 3 menunjukkan arsitektur *Model-View-Template* (MVT) Django, yang menggambarkan alur interaksi antara pengguna, URL, view, model, dan template. *Template* terdiri dari file seperti *base.html*, *snippets*, dan *index.html*, dan umumnya dikombinasikan dengan Bootstrap untuk mempercepat pengembangan tampilan. Django populer di kalangan pengembang karena bahasanya mudah dipahami dan memungkinkan pembuatan aplikasi web dengan cepat, menjadikannya pilihan banyak organisasi [23].

2.10. Bootstrap

Bootstrap adalah *framework* CSS yang mempermudah pengembangan tampilan situs web yang menarik dan responsif. Dengan komponen siap pakai seperti tombol, formulir, navigasi, dan grid layout, Bootstrap membantu pengembang menciptakan antarmuka yang konsisten dan efisien [23]. Gambar 4 menunjukkan *layout website* dengan komponen utama seperti *header*, *sidebar*, *content*, dan *footer* yang tersusun menggunakan sistem *grid* responsif, memungkinkan tampilan menyesuaikan berbagai ukuran layar.



Gambar 4. Layout Website

Versi terbaru, Bootstrap 5, menghadirkan peningkatan signifikan seperti penghapusan jQuery, *grid system* yang lebih fleksibel, dan utilitas tambahan untuk penataan form serta elemen kustom. Pembaruan ini membuat pengembangan UI lebih ringan, modern, dan terorganisir.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Akuisisi Data

Pengambilan dataset adalah tahap di mana dataset dikumpulkan. Dataset ini diperoleh dari *website* Harga-emas.net, yang berisi data harga emas ANTAM harian. Jumlah data yang diperoleh bervariasi, dan variasi data ini dapat mempengaruhi akurasi model yang digunakan. Total data yang digunakan sebanyak 4018 data, yang mencakup periode dari 1 Januari 2014 hingga 31 Desember 2024.

Tabel 1. Data Harga Emas dari Harga-emas.net

Tanggal	Harga
2014-01-01	524000
2014-01-02	530000
2014-01-03	532000
...	...
2024-12-29	1526000
2024-12-30	1528000
2024-12-31	1515000

3.2. Preprocessing Data

Data harga emas melalui tahap preprocessing untuk memastikan kualitas dan kesiapan data. Proses diawali dengan pengecekan nilai kosong, di mana baris yang mengandung nilai *null* dihapus guna menghindari gangguan dalam pelatihan model. Selanjutnya, dilakukan normalisasi data menggunakan Min-Max Scaler agar nilai fitur berada dalam rentang 0 hingga 1, yang bertujuan untuk menyamakan skala antar fitur serta meningkatkan stabilitas dan akurasi model. Data kemudian diubah menjadi format sekuensial untuk disesuaikan dengan kebutuhan model BiLSTM, di mana setiap input terdiri dari 60 hari harga emas berturut-turut untuk memprediksi harga pada hari ke-61. Tahap akhir adalah pembagian data (*split data*) ke dalam data pelatihan dan pengujian seperti tabel 2 berikut.

Tabel 2. Skema Pengujian *Split Data*

Rasio	Jumlah Data	
	Uji	Latih
70 : 30	2770	1188

3.3. Pemodelan BiLSTM

Model BiLSTM dirancang untuk memproses data sekuensial dengan mempertimbangkan ketergantungan temporal dua arah. Proses pemodelan dimulai dengan pengubahan data menjadi bentuk tiga dimensi menggunakan teknik *reshape* dengan struktur (*samples, time steps, features*), yang memungkinkan model memahami urutan harga emas secara historis. Dalam penelitian ini, panjang sekuens ditetapkan sebanyak 60, yang berarti model menggunakan 60 hari

data harga emas untuk memprediksi hari ke-61. Setelah *reshape*, model dibangun menggunakan arsitektur *Sequential* dengan susunan *layer* seperti pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Susunan Layer Model BiLSTM

Layer	Type	Neuron / Rate
Input Layer	Input	-
Hidden Layer	Bidirectional LSTM	(dioptimasi CSO)
Dropout Layer	Dropout	(dioptimasi CSO)
Output Layer	Dense	1

Optimasi dilakukan menggunakan Adam optimizer karena kemampuannya menyesuaikan learning rate secara adaptif, dengan fungsi *loss Mean Squared Error* (MSE) sesuai dengan sifat prediktif regresi. Model dikonfigurasi dengan *hyperparameter* dasar, seperti pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Konfigurasi *Hyperparameter* Dasar

Hyperparameter	Nilai
Jumlah Batch	64
Learning rate	0.001
Epoch	100 (<i>early stopping</i>)
Optimizer	Adam
Fungsi aktivasi	ReLU

3.4. Optimasi Hyperparameter dengan CSO

Optimasi hyperparameter pada model BiLSTM dilakukan menggunakan algoritma CSO guna meningkatkan akurasi prediksi harga emas. Hyperparameter yang dioptimasi mencakup jumlah neuron pada setiap *hidden layer*, *batch size*, dan *dropout rate* dengan bounds setiap hyperparameter seperti pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. *Bounds Hyperparameter* Pengujian CSO

Hyperparameter	Bounds
Jumlah neuron setiap layer	16 - 128
Batch size	32 - 64
Dropout rate	0.2 - 0.5

Proses optimasi melibatkan tiga parameter utama dalam CSO, yaitu jumlah *nests*, probabilitas penggantian sarang (P_a), dan jumlah iterasi, yang masing-masing dikonfigurasi, seperti pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Konfigurasi Parameter CSO

Parameter CSO	Nilai
<i>Nests</i>	50
P_a	0.25
Beta (β)	1.5
<i>Iterations</i>	10

3.5. Evaluasi Model

Evaluasi model merupakan tahapan penting untuk menilai kinerja model, di mana performa model diukur menggunakan berbagai metrik seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute*

Percentage Error (MAPE). Metrik-metrik ini sangat membantu dalam menilai seberapa efektif model dalam memprediksi harga emas menggunakan BiLSTM-CSO. Semakin rendah nilai RMSE dan MAPE, maka kualitas prediksi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Selain itu, evaluasi ini memberikan gambaran yang jelas mengenai sejauh mana model dapat menghasilkan prediksi yang akurat dengan membandingkan nilai prediksi. Proses evaluasi yang menyeluruh juga berfungsi untuk mengidentifikasi apakah model memerlukan penyesuaian, seperti perubahan parameter atau data pelatihan, agar model dapat berfungsi dengan lebih efektif dalam memprediksi harga emas.

3.6. Pembuatan Aplikasi Web

Aplikasi web dibangun menggunakan *framework* Django, yang memungkinkan pengembangan aplikasi web secara cepat dan efisien. Django menyediakan struktur yang jelas dan alat yang kuat untuk menangani pengaturan URL, pembuatan *views*, dan pengembangan *template*. Pengaturan URLs dilakukan untuk mendefinisikan rute-rute yang akan mengarahkan pengguna ke halaman-halaman yang diinginkan. Selanjutnya, implementasi *views* berfungsi untuk menangani logika aplikasi dan memproses data yang diperlukan untuk setiap tampilan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Scaping Data

Bagian ini menjelaskan metode yang digunakan untuk memperoleh data harga emas ANTAM yang digunakan dalam penelitian. Data diperoleh dari situs *harga-emas.net* melalui proses *scraping*, yang memungkinkan pengambilan informasi harga emas harian secara otomatis dan efisien. Data disimpan dalam format CSV agar mudah diolah pada tahap selanjutnya.

Data yang dikumpulkan mencakup tanggal dan harga emas per gram setiap harinya. Informasi ini menjadi dasar dalam membangun model prediksi karena merepresentasikan pola perubahan harga dari waktu ke waktu. Dataset ini kemudian diproses lebih

lanjut sebelum digunakan dalam pelatihan model BiLSTM dan BiLSTM-CSO.

Proses pengambilan data ini dilakukan secara berkala untuk memastikan akurasi dan konsistensi informasi yang digunakan dalam penelitian. Dengan data yang diperbarui setiap hari, model yang dibangun memiliki peluang lebih besar untuk mengenali tren dan fluktuasi harga emas secara real time, sehingga meningkatkan kualitas prediksi yang dihasilkan.

Dataset Preview:

	Tanggal	Harga
0	1/1/14	524000
1	2/1/14	530000
2	3/1/14	532000
3	4/1/14	532000
4	5/1/14	532000
	Tanggal	Harga
4013	27/12/24	1528000
4014	28/12/24	1526000
4015	29/12/24	1526000
4016	30/12/24	1528000
4017	31/12/24	1515000

Gambar 5. Dataset Harga Emas

4.2. Evaluasi hasil Model BiLSTM-CSO

Hasil Evaluasi model BiLSTM yang di optimasi dengan *Cuckoo Search* dengan *split data* 70:30, konfigurasi *hyperparameter* dasar seperti pada tabel 4 diatas, penetapan *bounds* setiap *hyperparameter* yang dioptimasi seperti pada tabel 5, dan parameter utama *Cuckoo Search* seperti pada tabel 6 menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,01315, MAPE sebesar 0,81%, dan waktu pelatihan model selama 158,02 detik. Ringkasan hasil evaluasi model BiLSTM-CSO dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini. Gambar 5 merupakan hasil prediksi yang dihasilkan dengan harga aktual dari harga emas ANTAM.

Tabel 7. Hasil Evaluasi BiLSTM-CSO

Metode	Test		Runtime (s)	
	RMSE	MAPE	Optimasi	Pelatihan
BiLSTM-CSO	0.01315	0.81	5741.34	79.04

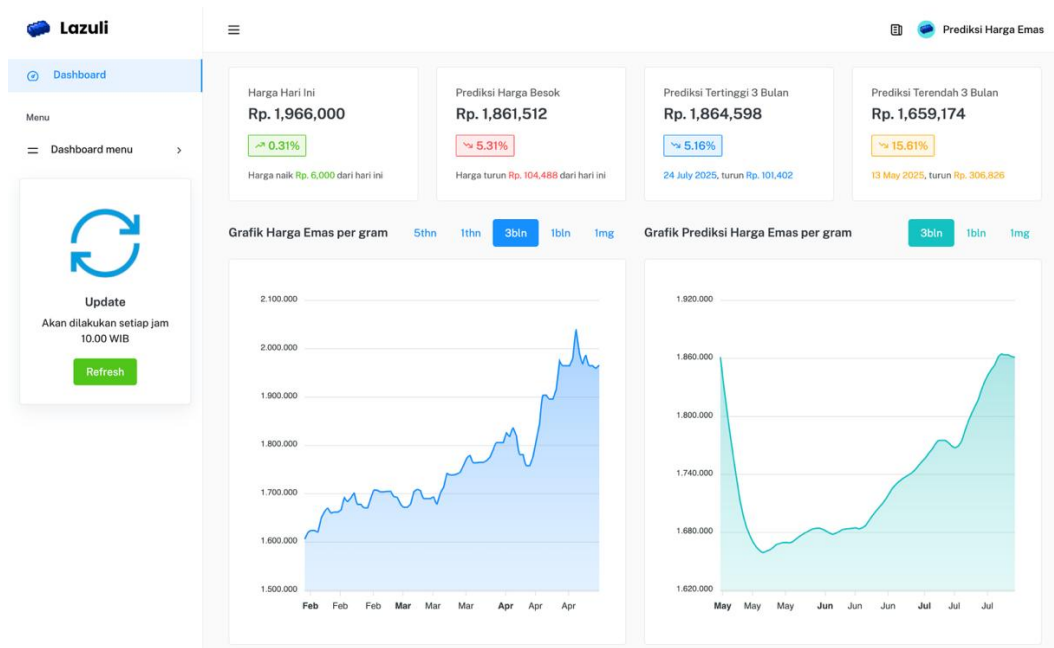


Gambar 6. Grafik Prediksi Model BiLSTM-CSO

4.3. Implementasi Pada Aplikasi Berbasis Web

Implementasi model prediksi harga emas ke dalam aplikasi berbasis web terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu header, sidebar, ringkasan harga emas, grafik harga aktual, grafik harga prediksi,

serta tabel yang menampilkan data harga aktual dan harga hasil prediksi. Setiap elemen dirancang untuk menyajikan informasi secara terstruktur dan mudah dipahami oleh pengguna.



Gambar 7. Keseluruhan Tampilan Aplikasi Web

Pada bagian antarmuka aplikasi, *header* menampilkan informasi penting, yaitu berita terkini seputar harga emas dunia dan lokal, serta informasi umum mengenai website. Sementara itu, *sidebar* berfungsi sebagai navigasi antar bagian aplikasi, dilengkapi dengan informasi waktu update terakhir dan tombol refresh untuk memperbarui data secara manual. Ringkasan harga emas menyajikan data inti berupa harga emas hari ini, prediksi harga untuk besok, prediksi harga tertinggi dalam tiga bulan ke depan,

serta prediksi harga terendah dalam periode yang sama. Untuk visualisasi data, terdapat dua jenis grafik, yaitu grafik harga aktual yang mencakup rentang waktu 1 minggu, 1 bulan, 3 bulan, 1 tahun, dan 5 tahun, serta grafik harga prediksi yang menyajikan estimasi harga dalam rentang waktu 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan. Seluruh elemen ini dirancang untuk memberikan pengalaman informatif dan interaktif kepada pengguna.

Tanggal	Harga	Tren	Perbedaan
2025-04-29	Rp. 1,966,000	↑ tetap	Rp. 0
2025-04-28	Rp. 1,960,000	↓ turun	Rp. 6,000
2025-04-27	Rp. 1,965,000	↑ tetap	Rp. 0
2025-04-26	Rp. 1,965,000	↓ turun	Rp. 21,000
2025-04-25	Rp. 1,986,000	↑ naik	Rp. 17,000
2025-04-24	Rp. 1,980,000	↓ turun	Rp. 22,000
2025-04-23	Rp. 1,991,000	↓ turun	Rp. 48,000
2025-04-22	Rp. 2,039,000	↑ naik	Rp. 58,000
2025-04-21	Rp. 1,980,000	↑ naik	Rp. 15,000
2025-04-20	Rp. 1,965,000	↑ tetap	Rp. 0

Tanggal	Harga	Tren	Perbedaan
2025-04-30	Rp. 1,861,512	↓ turun	Rp. 104,488
2025-05-01	Rp. 1,832,877	↓ turun	Rp. 28,635
2025-05-02	Rp. 1,805,763	↓ turun	Rp. 27,114
2025-05-03	Rp. 1,780,537	↓ turun	Rp. 25,226
2025-05-04	Rp. 1,756,526	↓ turun	Rp. 24,011
2025-05-05	Rp. 1,733,879	↓ turun	Rp. 22,647
2025-05-06	Rp. 1,712,250	↓ turun	Rp. 21,629
2025-05-07	Rp. 1,696,123	↓ turun	Rp. 16,127
2025-05-08	Rp. 1,684,382	↓ turun	Rp. 11,741
2025-05-09	Rp. 1,676,146	↓ turun	Rp. 8,236

Gambar 8. Tampilan Tabel Harga Aktual dan Harga Prediksi

Tabel harga aktual dan harga prediksi pada aplikasi menyajikan data dalam format yang mudah dibaca dan dianalisis. Masing-masing tabel terdiri dari kolom tanggal, harga, tren (naik, turun, atau tetap), serta selisih harga dibandingkan dengan hari

sebelumnya. Informasi ini memudahkan pengguna untuk melihat pola perubahan harga emas secara harian, baik untuk data historis maupun prediksi ke depan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan metode BiLSTM yang dioptimasi menggunakan algoritma Cuckoo Search (CS) terbukti mampu memprediksi harga emas berdasarkan data historis dalam periode tahun 2014 sampai 2024. Model BiLSTM-CSO menghasilkan performa yang baik dengan nilai RMSE sebesar 0.01315 dan MAPE sebesar 0.81%. Aplikasi web yang dibangun dari model ini masih dijalankan secara lokal, namun telah menunjukkan potensi sebagai alat bantu yang informatif untuk memantau dan memprediksi harga emas. Ke depannya, aplikasi ini dapat dikembangkan lebih lanjut agar dapat diakses secara publik dan memberikan manfaat bagi masyarakat umum, khususnya dalam pengambilan keputusan terkait investasi emas. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan eksplorasi metode lain seperti GRU, ARIMA, atau LSTM yang juga dioptimasi menggunakan algoritma metaheuristik, serta mempertimbangkan penambahan fitur eksternal seperti nilai tukar dolar, harga minyak dunia, dan indeks pasar saham guna meningkatkan akurasi dan kemampuan prediktif model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Gold Council, "Gold as strategic asset," Mar. 2024. Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.gold.org/goldhub/research/relevance-of-gold-as-a-strategic-asset>.
- [2] World Gold Council, "Retail gold insights 2019 A world of opportunity About the World Gold Council," Nov. 2019. Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://retailinsights.gold/what-next.html>.
- [3] S. Upa, M. Garonga, and R. Pabutungan, "Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode Fuzzy Time Series," *INFINITY: UKI Toraja Journal of Information Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, Dec. 2023, doi: 10.47178/ng60df34.
- [4] A. Fikri Hanif, T. Bayu Sasongko, and A. Dwi Laksito, "Perbandingan Kinerja LSTM, Bi-LSTM, dan GRU pada Klasifikasi Judul Berita Clickbait," *Indonesian Journal of Computer Science Attribution*, vol. 12, no. 4, pp. 2136–2149, Aug. 2023, doi: 10.33022/ijcs.v12i4.3281.
- [5] A. M. Jasim, B. H. Jasim, and V. Bureš, "A novel grid-connected microgrid energy management system with optimal sizing using hybrid grey wolf and cuckoo search optimization algorithm," *Front Energy Res*, vol. 10, no. 960141, Sep. 2022, doi: 10.3389/fenrg.2022.960141.
- [6] J. Wang, Y. Chen, S. Qiu, and Q. Cui, "Cuckoo search optimized integrated framework based on feature clustering and deep learning for daily stock price forecasting," *Econ Comput Econ Cybern Stud Res*, vol. 55, no. 3, pp. 55–70, 2021, doi: 10.24818/18423264/55.3.21.04.
- [7] S. Gufron and D. Saepudin, "Prediksi Return Saham menggunakan Bidirectional LSTM dengan Optimisasi Cuckoo Search," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 1939–1950, Apr. 2023.
- [8] V. Riandaru Prasetyo, S. Axel, J. Timothy Soebroto, D. Sugiarto, S. Ardi Winatan, and S. Daniel Njudang, "Prediksi Harga Emas Berdasarkan Data gold.org menggunakan Metode Long Short Term Memory," *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 11, no. 3, pp. 623–629, Sep. 2022.
- [9] S. Khotijah, L. Sarifah, and A. Fuaddiyah, "Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode Radial Basis Function Neural Network (RBFNN)," *Jurnal Sains dan Matematika Sumenep*, vol. 10, no. 1, pp. 20–30, Feb. 2024, doi: 10.24014/jsms.v10i1.20890.
- [10] World Gold Council, "Gold spot prices," 2022. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.gold.org/goldhub/gold-prices>
- [11] J. Chai, C. Zhao, Y. Hu, and Z. G. Zhang, "Structural analysis and forecast of gold price returns," *Journal of Management Science and Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 135–145, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.jmse.2021.02.011.
- [12] S. Wulandari, P. Sugiartawan, and I. M. Dedy Setiawan, "Prediksi Luas Sebaran Hama Wareng pada Tanaman Padi dengan RNN Time Series," *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer Terapan Indonesia (JSIKTI)*, vol. 5, no. 1, pp. 21–32, Sep. 2022, doi: 10.33173/jsikti.174.
- [13] B. Jange, "Prediksi Harga Saham Bank BCA Menggunakan Prophet," *Journal of Trends Economics and Accounting Research*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, Sep. 2021, doi: 10.33173/jsikti.174.
- [14] Afrimayani and D. M. Putri, "Analisis Pergerakan Harga Emas Berjangka Menggunakan Model Fuzzy Time Series Markov Chain," *Journal of Science and Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 144–156, 2023, doi: 10.15548/jostech.v3i2.6994.
- [15] M. Gerald Rizky, J. Jusak, and I. Puspasari, "Analisis Perbandingan Metode Lstm Dan Bilstm Untuk Klasifikasi Sinyal Jantung Phonocardiogram," *JCONES: Journal of Control and Network Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 44–49, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.dinamika.ac.id/index.php/jcone>
- [16] Z. Hameed and B. Garcia-Zapirain, "Sentiment Classification Using a Single-Layered BiLSTM Model," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 73992–74001, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988550.
- [17] D. Tirkaamiana and N. Siswanto, "Forecasting Electricity Consumption based on Nested LSTM and Attention Mechanism Approach with Cuckoo Search Optimizer," *13th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2023, doi: 10.46254/AN13.20230459.
- [18] F. Wu, C. Cattani, W. Song, and E. Zio, "Fractional ARIMA with an improved cuckoo

- search optimization for the efficient Short-term power load forecasting,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 59, no. 5, pp. 3111–3118, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.06.049>.
- [19] A. M. A. Rusdy, Purnawansyah, and Herman, “Penerapan Metode Regresi Linear Pada Prediksi Penawaran dan Permintaan Obat Studi Kasus Aplikasi Point Of Sales,” *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 3, no. 2, pp. 121–126, 2022, doi: 10.33096/busiti.v3i2.1130.
- [20] R. N. Puspita, “PERBANDINGAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING PADA PERAMALAN NILAI EKSPOR DI INDONESIA,” *Jambura Journal of Probability and Statistics*, vol. 3, no. 2, pp. 141–150, Nov. 2022, doi: 10.34312/jjps.v3i2.15590.
- [21] Y. Wahyudin and D. N. Rahayu, “Analisis Metode Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Website: A Literatur Review,” *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 15, no. 3, pp. 26–40, Oct. 2020, doi: 10.35969/interkom.v15i3.74.
- [22] B. Putra Aji, A. Hernawan, A. Nurjihadi, and A. Ashril Rizal, “SISTEM INFORMASI SURAT ELEKTRONIK UNTUK AKADEMIK UIN MATARAM (DENGAN PYTHON DJANGO FRAMEWORK),” *Jurnal Begawe Teknologi Informasi (jBegaTI)*, vol. 3, no. 2, Sep. 2022, doi: 10.29303/jbegati.v3i2.777.
- [23] G. Fauziah and A. Tholib, “APLIKASI INVENTARIS SEKOLAH BERBASIS WEB MENGGUNAKAN FRAMEWORK DJANGO DI MTS. NURUL HIDAYAH SUMBERREJO PAITON,” *COREAI Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/core>