



Optimasi Algoritme *Xtreme Gradient Boosting (XGBoost)* pada Harga Saham PT. United Tractors Tbk.

Tiyas Astutiningsih^{1*}, Dewi Retno Sari Saputro², Sutanto³

¹²³Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.

*Corresponding email: tiiyasastutiningsih@gmail.com

Received: 14/November/2023

Accepted: 29/November/2023

Revised: 29/November/2023

Published: 31/December/2023

To cite this article:

Astutiningsih, T., Saputro, D. R. S., & Sutanto. (2023). Optimasi Algoritme *Xtreme Gradient Boosting (XGBoost)* pada Harga Saham PT. United Tractors Tbk. *SPECTA Journal of Technology*, 7(3), 632-641. <https://doi.org/10.35718/specta.v7i3.1031>

Abstract

The issue of a recession in 2023 continues to increase, affecting the rise and fall of the stock price index. From 2015 to 2023 the share price of PT. United Tractors Tbk. experiencing fluctuations. The method used to determine fluctuations in PT. United Tractors Tbk. share data is an ensemble learning. One of the ensemble learning algorithms that is popular and often used for prediction or classification problems is Extreme Gradient Boosting (XGBoost). The aim of this research is to obtain the best model of PT. United Tractors share prices using XGBoost. XGBoost is a development of Gradient Boosting which has the advantage of faster implementation. The data used is the share price of PT. United Tractors Tbk. from March 16 2021 to March 31, 2023. This research uses four technical indicators in analyzing share price movements, namely Exponential Moving Average (EMA), Simple Moving Average (SMA), Relative Strength Index (RSI) and Moving Average Convergence /Divergence (MACD). This experiment produced a MAPE value of 3.89%, which shows the optimization of the XGBoost algorithm on PT share prices. United Tractor Tbk. produces accurate models.

Keywords: Stock Price, Technical Indikator, XGBoost

Abstrak

Isu resesi di tahun 2023 terus meningkat yang memengaruhi naik turunnya indeks harga saham. Pada tahun 2015 hingga 2023 harga saham PT. United Tractors Tbk. mengalami fluktuasi. Metode yang digunakan untuk mengetahui fluktuasi pada data saham PT. United Tractors Tbk. adalah ensemble learning. Salah satu algoritme ensemble learning yang populer dan sering digunakan untuk masalah prediksi atau klasifikasi adalah Extreme Gradient Boosting (XGBoost). Tujuan penelitian ini memperoleh model terbaik pada harga saham PT. United Tractors Tbk. menggunakan algoritme XGBoost. XGBoost merupakan pengembangan dari Gradient Boosting yang memiliki keunggulan implementasi yang lebih cepat. Data yang digunakan adalah harga saham PT. United Tractors Tbk. dari tanggal 16 Maret 2021 sampai 31 Maret 2023. Penelitian ini menggunakan empat indikator teknikal dalam menganalisis pergerakan harga saham yaitu Exponential Moving Average (EMA), Simple Moving Average (SMA), Relative Strength Index (RSI) dan Moving Average Convergence/Divergence (MACD). Eksperimen ini menghasilkan nilai MAPE 3.89% yang menunjukkan optimasi algoritme XGBoost pada harga saham PT. United Tractor Tbk. menghasilkan model yang akurat.

Kata Kunci: Harga Saham, Indikator Teknikal, XGBoost

1. Pendahuluan

Saham dapat didefinisikan sebagai bukti formal yang menunjukkan kepemilikan terhadap modal atau dana dalam suatu perusahaan (Umaidah, 2018). Saham adalah selembar kertas yang menunjukkan jumlah dana yang dimiliki oleh setiap pemegang perusahaan, serta nama dan tanggung jawab perusahaan. Salah satu investasi paling populer di seluruh dunia yaitu saham. Saham dapat diperjualbelikan untuk memperoleh keuntungan. Investor atau pemegang saham dapat membeli dan menjual saham seperti memperdagangkan saham PT. United Tractors Tbk. (UNTR).

PT. United Tractors Tbk. bekerja di sektor industri dalam negeri yang bergerak pada bidang mesin konstruksi, kontraktor penambangan, pertambangan, dan energi. PT. United Tractors Tbk. telah terdaftar di Bursa Efek Indonesia sejak 19 September 1989 dan saham yang dimiliki publik sebanyak 40.5%. Pada tahun 2015 sampai dengan 2023 harga saham PT. United Tractors Tbk. mengalami fluktuasi. Resesi berdampak pada indeks harga saham gabungan (Karerina dkk., 2021). Pada tahun 2023 isu resesi terus meningkat sehingga hal ini memengaruhi naik turunnya indeks harga saham. Perubahan indeks harga saham bergantung pada keadaan ekonomi suatu negara (Kumar and Puja, 2012).

Resesi, juga dikenal sebagai krisis ekonomi atau krisis keuangan, adalah periode penurunan ekonomi yang ditandai dengan penurunan produktivitas dan seringnya devaluasi lembaga keuangan akibat pinjaman sembarangan yang tidak berkelanjutan (Adeniran and Sidiq, 2018). Menurut Otoritas Jasa Keuangan, resesi adalah keadaan penurunan perekonomian suatu ekonomi negara yang ditunjukkan oleh penurunan Produk Domestik Bruto (PDB), meningkatnya pengangguran, dan penurunan pertumbuhan ekonomi riil selama dua kuartal berturut-turut. Isu resesi yang terus meningkat membuat investor mempertimbangkan apakah akan menanamkan modalnya di PT. United Tractors Tbk. atau tidak. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk memperoleh model pada data harga saham PT. United Tractors Tbk.

Metode yang digunakan untuk memperoleh model pada data harga saham PT. United Tractors Tbk. adalah *ensemble learning*. *Ensemble learning* adalah subbidang *machine learning* yang mempelajari algoritme dan teknik-teknik yang digunakan oleh mesin atau komputer untuk memperoleh kemampuan belajar dari data atau pengalaman yang diberikan. Salah satu algoritme *ensemble learning* yang populer dan sering digunakan untuk masalah prediksi atau klasifikasi adalah *Extreme Gradient Boosting (XGBoost)*. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang algoritme *XGBoost*, diantaranya (Friedman, 2001) dimana *XGBoost* pertama kali diperkenalkan dalam penelitiannya yang menghubungkan peningkatan dan pengoptimalan untuk membangun *Gradient Boosting Machine (GBM)*. Selanjutnya algoritme *XGBoost* dikembangkan (Chen and Guestrin, 2016) didapatkan pengoptimalan hingga 10 kali lebih cepat daripada *GBM* lainnya. Algoritme ini memperbaiki performa model dengan cara menggabungkan beberapa model yang lebih sederhana menjadi satu model yang lebih kompleks dan akurat. Pada pengolahan data *time series* memiliki potensi mengalami *overfitting*. *XGBoost* menggunakan struktur regresi *tree* yang lebih teratur dalam membuat model, menghasilkan kinerja yang lebih baik dan mengurangi kompleksitas model untuk menghindari *overfitting* (Lv et al., 2021). Oleh karena itu, pada penelitian dioptimalkan algoritme *XGBoost* pada harga saham PT. United Tractors Tbk.

2. Metode

Bagian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu pengumpulan data, dan metode yang digunakan.

2.1. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder diperoleh di www.finance.yahoo.com. Data tersebut merupakan data penutupan saham PT. United Tractors Tbk. yang diambil dari 16 Maret 2021 hingga 31 Maret 2023. Data PT. United Tractors Tbk. dibagi menjadi data *training* dan data *testing*.

2.2. Metode yang Digunakan

Tujuan penelitian ini adalah mengoptimasikan algoritme *XGBoost* pada data harga saham PT. United Tractors Tbk. Metode dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

2.2.1 Indikator Teknikal

Indikator teknikal merupakan perhitungan matematis yang menggunakan harga historis, volume, atau berbagai informasi lain untuk menganalisis pergerakan harga saham. Terdapat empat indikator teknikal menurut Jange (2022) yang ditulis sebagai berikut.

1) Simple Moving Average (SMA)

SMA merupakan analisis teknikal yang digunakan untuk menghitung rata-rata nilai dalam periode tertentu. Rumus *SMA* dapat ditulis sebagai

$$SMA_k = \frac{x_k + x_{k-1} + x_{k-2} + \dots + x_{k-n+1}}{n} \quad (1)$$

dengan:

x_n adalah harga

n adalah jumlah data

k merupakan titik data

2) Exponential Moving Average (EMA)

EMA merupakan analisis teknikal untuk memperhitungkan pengaruh lebih besar pada harga terbaru. Rumus *EMA* dapat ditulis sebagai

$$EMA_k = (\alpha x_k) + EMA_{k-1}(1 - \alpha) \quad (2)$$

dengan:

x_k adalah nilai pengamatan saat ini

α adalah *smoothing factor* dengan $0 < \alpha < 1$

3) Moving Average Convergent/ Divergence (MACD)

Dalam analisis teknikal, *MACD* merupakan indikator yang menunjukkan hubungan antara dua *moving average* dalam tren harga suatu aset. Rumus *MACD* ditulis sebagai

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26} \quad (3)$$

4) Relative Strength Index (RSI)

RSI adalah indikator analisis teknikal yang digunakan untuk menghitung volatilitas harga suatu aset. Berfungsi mengukur pergerakan harga saham dan memantau perubahannya. Rumus *RSI* ditulis sebagai

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (4)$$

dengan

$$RS = \frac{EMA(U, n)}{EMA(D, n)}$$

dengan:

U adalah periode kenaikan

D adalah periode penurunan

RS merupakan rasio rata-rata

2.2.2 Algoritme Gradient Boosting

Algoritme *Gradient Boosting* adalah algoritme yang menggunakan teknik *ensemble* dari *decision tree*. Algoritme ini menggabungkan pembelajaran lemah menjadi *strong learner* tunggal secara iteratif (Friedman, 2001). Algoritme *Gradient Boosting* ditulis sebagai berikut.

1) Inisialisasi model dengan nilai tetap

$$F_0(x) = \arg \min \sum_{i=1}^n L(y_i, \gamma) \quad (5)$$

dengan:

F_0 adalah model awal
 y_i adalah nilai aktual.

1. Untuk $m = 1, 2, \dots, M$

a. *Pseudo-residual* dengan

$$r_{im} = - \left[\frac{\partial L(y_i, F(x_i))}{\partial F(x_i)} \right] \quad (6)$$

dengan:

y_i adalah nilai aktual
 $F(x_i)$ adalah prediksi dari model sebelumnya.

b. Menyesuaikan *base learner* dengan penskalaan $h_m(x)$ ke pseudo-residual, yaitu melatih menggunakan *training set* $\{(x_i, r_{im})\}_{i=1}^n$

c. Menghitung γ_m optimal

$$\gamma_m = \arg \min \sum_{i=1}^n L(y_i, F_{m-1}(x_i) + \gamma h_m(x_i)) \quad (7)$$

dengan:

F_{m-1} adalah model sebelumnya
 $h_m(x_i)$ adalah prediksi dari *base learner* yang telah diskalakan

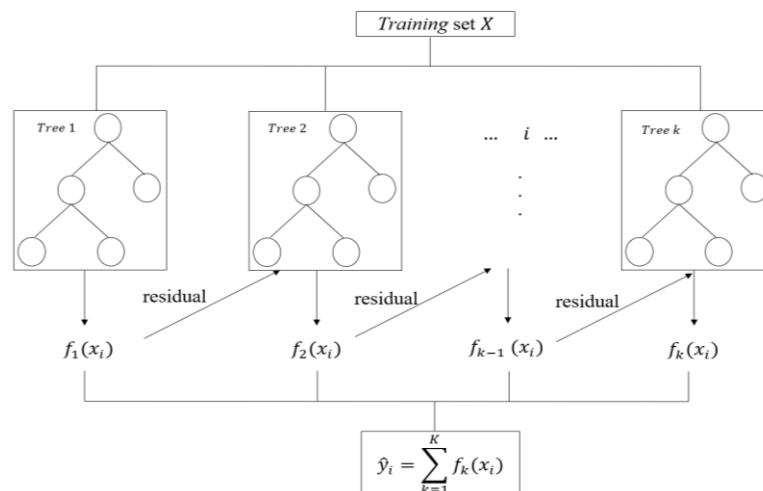
d. Memperbarui model

$$F_m = F_{m-1}(x) + \gamma_m h_m(x) \quad (8)$$

2. Output: $F_M(x)$

2.2.3 Algoritme Xtreme Gradient Boosting

Algoritme Xtreme Gradient Boosting (XGBoost) merupakan pengembangan dari algoritme Gradient Boosting memiliki keunggulan implementasi lebih cepat serta hasil akurasi yang tinggi (Georganos *et al.*, 2018). Algoritme XGBoost merupakan salah satu *ensemble learning* yang menggabungkan beberapa model *decision tree* dan mengembangkan model secara iteratif dengan menambahkan *tree* baru yang memperbaiki kesalahan dari *tree* sebelumnya. Skema algoritme XGBoost ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Skema algoritme XGBoost

Pada algoritme *XGBoost* akan mengupdate bobot pada setiap *tree* kemudian menjumlahkan semua bobot *tree* saat melakukan prediksi kemudian memasukkannya ke dalam fungsi (Patrous, 2018). Fungsi tersebut dapat ditulis sebagai

$$\hat{y}_i = \sum_{k=1}^K f_k(x_i) \quad (9)$$

dengan:

- \hat{y}_i adalah output pada *tree* K
- f_k adalah fungsi *decision tree* ke- k
- x_i adalah fungsi yang dilatih
- K adalah *tree* yang dibuat

Tree dengan bobot yang dijumlahkan dimaksudkan untuk meminimumkan fungsi objektif. Fungsi objektif terdiri dari dua bagian yaitu untuk mengukur perbedaan antara nilai yang di prediksi dengan nilai *true* dan istilah regularisasi (Zhang, 2022). Fungsi objektif *XGBoost* ditulis sebagai

$$Obj^{(t)} = \sum_{i=1}^n \left[g_i w_q(x_i) + \frac{1}{2} h_i \omega_q^2(x_i) \right] + \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^T \omega_{qj}^2 \quad (10)$$

dengan:

- T adalah jumlah *node* daun
- w adalah *node tree*
- γ untuk mengontrol jumlah *node*
- λ untuk mengontrol jumlah *tree*

2.2.4 Hyperparameter pada *XGBoost*

Semua parameter yang dimiliki model sebelum dilakukan *training* disebut *Hyperparameter* (Benadjila et al., 2020). *Hyperparameter* merupakan salah satu faktor yang memengaruhi untuk memperoleh performa yang baik terhadap kinerja model. *Hyperparameter* yang digunakan

1. *n_estimator* merupakan jumlah *decision tree*. *Decision tree* ditambahkan ke model secara bertahap untuk memperbaiki prediksi yang dibuat sebelumnya;
2. *learning_rate* mengendalikan koefisien pengurangan bobot dari setiap *weak learner*;
3. *max_depth* merupakan kedalaman maksimum *tree*; dan
4. *gamma* untuk mengatur seberapa besar kontribusi setiap *tree* dalam keseluruhan prediksi model.

2.2.5 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah metode untuk menghitung kesalahan pada proses prediksi, dengan mengurangi nilai aktual dengan nilai prediksi kemudian dibagi dengan nilai aktual dan diubah menjadi nilai absolut (Jange, 2022). Menurut Al-Khowarizmi et al. (2021) hasil prediksi semakin akurat jika nilai *MAPE* semakin kecil. *Range* nilai *MAPE* ditunjukkan pada Tabel 1 (Maricar, 2016).

Tabel 1: *Range* nilai *MAPE*

<i>Range MAPE</i>	Keterangan
<10 %	Akurat
10%-20 %	Baik
20%-50 %	Cukup baik
>50%	Tidak akurat

Sumber: Maricar, 2016

Rumus *MAPE* ditulis sebagai

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i(x)}{y_i} \right| \quad (11)$$

dengan:

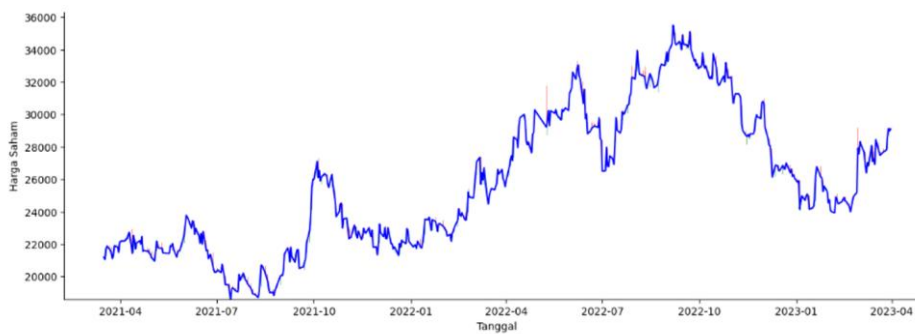
y_i adalah data aktual

$\hat{y}_i(x)$ adalah data prediksi

n adalah banyaknya data

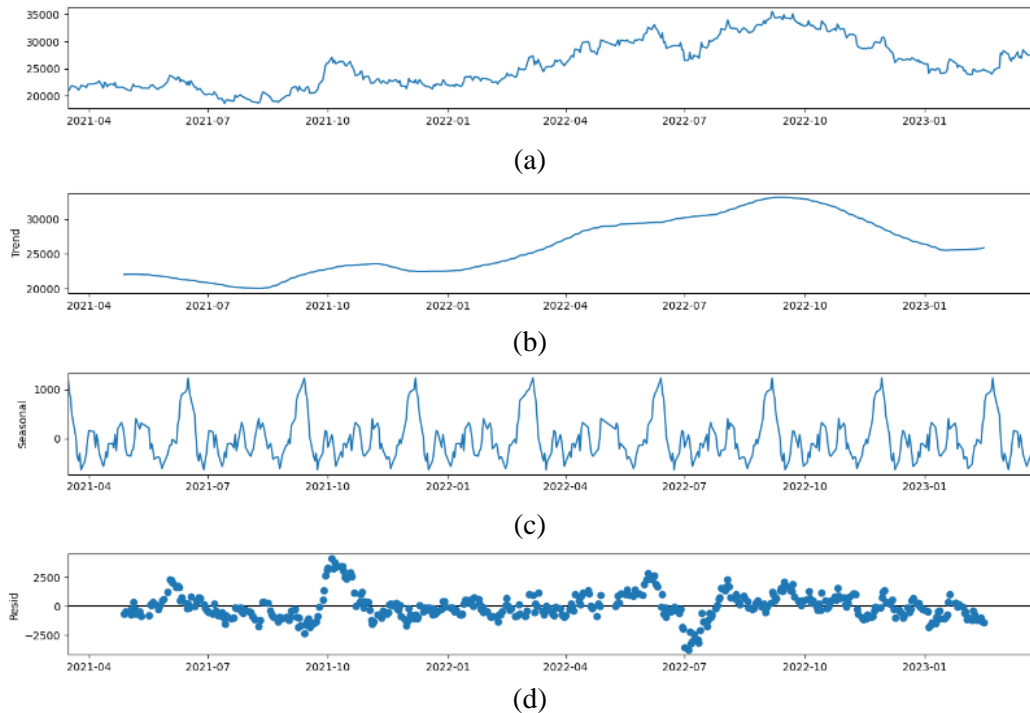
3. Hasil dan Pembahasan

Data harga saham PT. United Tractors Tbk. digunakan mulai 16 Maret 2021 hingga 31 Maret 2023. Jumlah data yang digunakan sebanyak 506 data. Grafik data harga saham PT. United Tractors Tbk. ditampilkan pada Gambar 2.



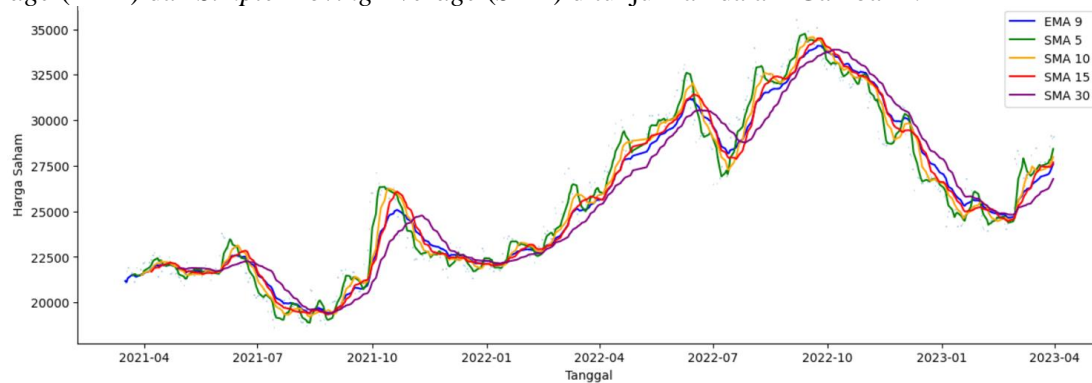
Gambar 2: Grafik harga saham PT. United Tractors Tbk. 16 Maret 2021-31 Maret 2023

Berdasarkan Gambar 3, nampak bahwa nilai harga saham PT. United Tractors Tbk. 16 Maret 2021-31 Maret 2023 mengalami fluktuatif. Ditunjukkan dekomposisi penutupan harian saham dengan mengambil fungsi dekomposisi menghasilkan plot residu, *trend*, *seasonal* harga saham pada Gambar 3.



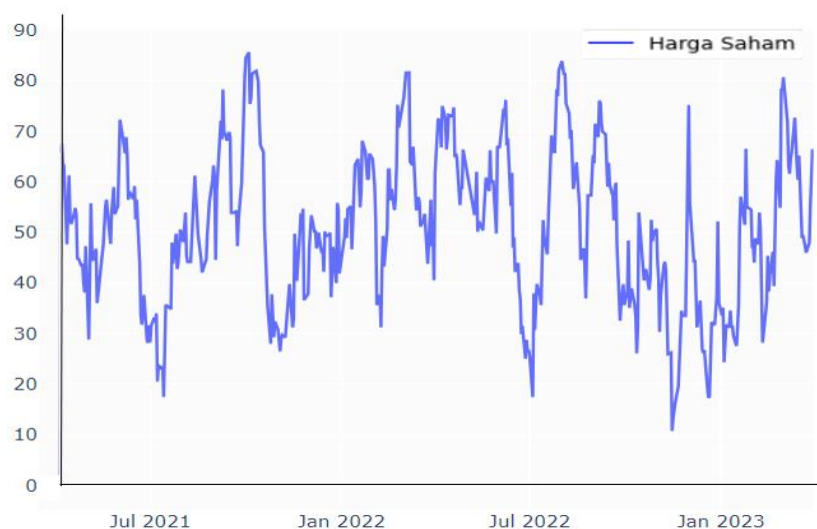
Gambar 3: Grafik dekomposisi harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021-31 Maret 2023 (a) Observed (b) *Trend* (c) *Seasonal* (d) Residual

Gambar 3, menunjukkan *trend* kelompok harga saham mulai naik kemudian cenderung menurun dan harga saham memiliki *seasonal* yang jelas serta residu cenderung halus. Selanjutnya perlu dilakukan rekayasa fitur dengan empat indikator teknikal yaitu EMA, SMA, MACD dan RSI untuk mengidentifikasi pola. Visualisasi dari rekayasa fitur harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021 sampai dengan 31 Maret 2023 menggunakan indikator teknikal *Exponential Moving Average (EMA)* dan *Simple Moving Average (SMA)* ditunjukkan dalam Gambar 4.



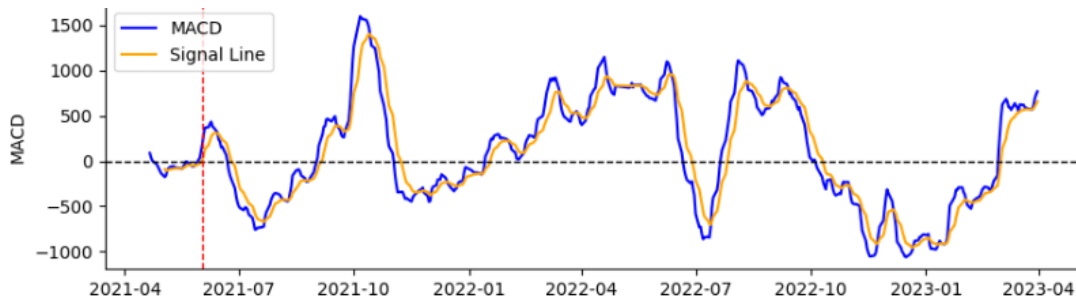
Gambar 4: Indikator teknikal *EMA* dan *SMA* harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021-31 Maret 2023

Gambar 4 nampak indikator teknikal *EMA* dan *SMA* harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021-31 Maret 2023 yang menunjukkan *trend* harga dan perpotongan antara garis *EMA*, dan *SMA*. Grafik tersebut menunjukkan grafik *EMA 9* berada dibawah grafik *SMA 5* yang menandakan adanya *trend* turun.



Gambar 5: Indikator teknikal RSI harga saham PT. United Tractors Tbk.

Gambar 5 menunjukkan Indikator teknikal RSI harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021-31 Maret 2023 yang menunjukkan fluktuasi antara 30 dan 70. Saat RSI naik 70, itu menunjukkan bahwa pasar sedang mengalami periode *bullish* yang kuat, tetapi fluktuasi kemudian bisa menandakan kemungkinan pembalikan *trend*. Sebaliknya, saat RSI turun di bawah 30, itu menunjukkan bahwa pasar sedang mengalami periode *bearish* yang kuat, tetapi fluktuasi kemudian bisa menandakan kemungkinan pembalikan *trend*.



Gambar 6: Indikator teknikal MACD harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021-31 Maret 2023

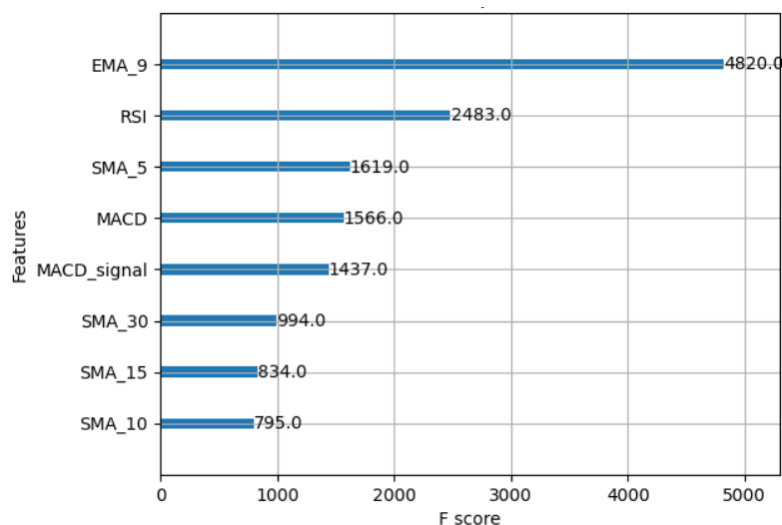
Gambar 6 menunjukkan Indikator teknikal MACD harga saham PT. United Tractors Tbk. pada 16 Maret 2021-31 Maret 2023 yang fluktuatif. Grafik tersebut menunjukkan perubahan *trend* dari *bullish* ke *bearish* di bulan juli 2021, januari 2022, juli 2022, dan januari 2023.

Data yang digunakan sebagai data *training* dimulai 16 Maret 2021 sebanyak 363 data dan data *testing* yang digunakan untuk menguji model akhirnya diambil mulai 9 September 2022 sebanyak 143 data. Dalam meningkatkan performa model *XGBoost* diperlukan pencarian *hyperparameter* menggunakan Grid SearchCV dengan mengevaluasi semua kemungkinan parameter diantara beberapa pilihan. Nilai *hyperparameter* terbaik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Nilai *Hyperparameter*

<i>Hyperparameter</i>	Nilai
n_estimators	200
learning_rate	0.05
max_depth	15
Gamma	0.01
random_state	42

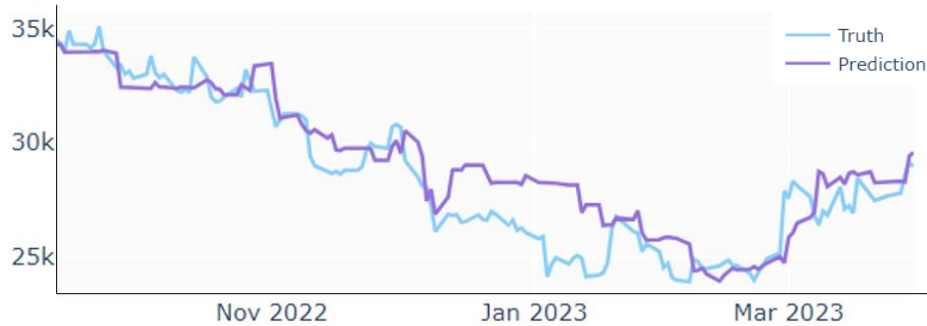
Dalam membangun model dengan *XGBRegressor* diperlukan hasil evaluasi tentang *feature importance* menggunakan indikator teknikal pada proses pengembangan fitur yang digunakan untuk memprediksi harga saham PT. United Tractors Tbk. Grafik *feature importance* prediksi harga saham ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7: Histogram *feature importance* harga saham PT. United Tractors Tbk.

Gambar 7 menunjukkan hasil dari penilaian *feature importance* menggunakan indikator teknikal dimana *EMA_9* yang menghasilkan perolehan nilai yang paling tinggi melampaui indikator teknikal lainnya (*RSI, MACD, signal, SMA*).

Menggunakan model terbaik yang telah didapatkan, dilakukan prediksi data harga saham PT. United Tractors Tbk. sebanyak 143 data *testing* yaitu mulai 9 September 2022 hingga 31 Maret 2023. Grafik perbandingan data *testing* aktual dan prediksi ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8: Grafik data *truth* dan prediksi harga saham PT. United Tractors Tbk.

Berdasarkan Gambar 8, hasil prediksi menggunakan Algoritme *XGBoost* mendekati nilai aktual data harga saham PT. United Tractors Tbk. menggunakan fungsi objektifitas *XGBoost* (1) Diperoleh nilai *MAPE* 3.89. Berdasarkan *range MAPE* pada Tabel 1, menunjukkan kemampuan prediksi dengan algoritme *XGBoost* pada data harga saham PT. United Tractors Tbk. tersebut tergolong akurat.

4. Kesimpulan

Diperoleh kesimpulan bahwa optimasi model *XGBoost* pada harga saham PT. United Tractors Tbk. menghasilkan model akurat. Model terbaik diperoleh dari *hyperparameter* yang digunakan yaitu *gamma*: 0.01, *learning rate*: 0.05, *max_depth*: 15, *n_estimator*: 200. Hasil eksperimen membangun model diperoleh nilai *MAPE* sebesar 3.89%. Berdasarkan *MAPE* dinyatakan bahwa model tersebut akurat. Pada penelitian selanjutnya dapat membagi data *train* dan *test* menjadi data *train*, *validation*, dan *test*.

Ucapan Terimakasih

Penulis berterima kasih kepada Riset Grup *Mathematical Soft Computing* atas dukungan moral dan masukan untuk memperbaiki artikel ini.

Referensi

- Adeniran, A. O., and Sidiq, B. O. (2018) 'Economic recession and the way-out: Nigeria as case study', *Global Journal of Human Social Science*. Vol. 18, No. 1: 181-192.
- Al-Khowarizmi, R. S., Nasution, M. K., and Elveny, M. (2021) 'Sensitivity of *MAPE* using detection rate for big data forecasting crude palm oil on k-nearest neighbor', *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol. 11, No. 3: 2696-2703.
- Benadjila, R., Prouff, E., Strullu, R., Cagli, E. and Dumas, C. (2020) 'Deep learning for side-channel analysis and introduction to ASCAD database', *Journal of Cryptographic Engineering*, Vol. 10, No. 2: 163-188.
- Chen, T., and Guestrin, C. (2016) '*XGBoost*: A scalable tree boosting system', *In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining*. 785-794.
- Friedman, J. H. (2001) 'Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine', *Annals of Statistics*, Vol. 29, No. 5: 1189-1232
- Georganos, S., Grippa, T., Vanhuyse, S., Lennert, M., Shimoni, M., and Wolff, E. (2018) 'Very high resolution object-based land use-land cover urban classification using extreme gradient boosting', *IEEE geoscience and remote sensing letters*, Vol. 15, No. 4: 607-611.
- Jange, B. (2022) 'Prediksi Harga Saham Bank BCA Menggunakan *XGBoost*', *ARBITRASE: Journal of Economics and Accounting*, Vol. 3, No. 2: 231-237

- Karerina, E., Wiguna, B. A, dan Suhaemy, A. I. (2021) 'Reaksi Pasar Modal Terhadap Pengumuman Resesi Ekonomi Indonesia Tahun 2020', *JIEF: Journal of Islamic Economics and Finance*, Vol. 1, No. 1: 12-24.
- Kumar, N. P., and Puja, P. (2012) 'The impact of macroeconomic fundamentals on stock prices revisited: An evidence from Indian data', *Indian Institute of Technology Bombay*, No. 38980.
- Lv, C. X., An, S. Y., Qiao, B. J. and Wu, W. (2021) 'Time series analysis of hemorrhagic fever with renal syndrome in mainland China by using an *XGBoost* forecasting model', *BMC infectious diseases*, Vol. 21, 1-13.
- Maricar, M. A. (2016) 'Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ', *J.Sist. dan Inform*, Vol. 8, 36-45.
- Patrous, Z. S. (2018) 'Evaluating *XGBoost* for User Classification by using Behavioral Features Extracted from Smartphone Sensors', available from - [Evaluating XGBoost for User Classification by using Behavioral Features Extracted from Smartphone Sensors \(diva-portal.org\)](#)
- Umaidah, Y. (2018) 'Penerapan Algoritma Artificial Neural Network Dalam Prediksi Harga Saham Lq45 Pt. Bank Rakyat Indonesia', *J. Gerbang*, Vol. 8, No. 1: 57-64.
- Yahoo.com. (2023) '<https://finance.yahoo.com/quote/UNTR.JK/history?p=UNTR.JK&guccounter=1>' [diakses pada tanggal 31 Maret 2023]
- Zhang, Y. (2022) 'Stock Price Prediction Method Based on *XGBoost* Algorithm', *International Conference on Bigdata Blockchain and Economy Management (ICBBEM 2022)*, 595-603.