



Penerapan *Whale Optimization Algorithm* dalam Pengoptimalan Portofolio Investasi Menggunakan Model Prediktif *Artificial Intelligence*

Iski Mediansyah¹, Firza Septian², Arief Zikry³

^{1,3}Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Serelo Lahat

²Jurusan Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Serelo Lahat

[1Iskisit@gmail.com](mailto:Iskisit@gmail.com), [2firzaseptian@unsela.ac.id](mailto:firzaseptian@unsela.ac.id), [3ariefzikry@unsela.ac.id](mailto:ariefzikry@unsela.ac.id)

ABSTRACT

Optimizing investment portfolios has become a primary focus in investment management within dynamic financial markets. The *Whale Optimization Algorithm (WOA)* and *Artificial Intelligence (AI)* have emerged as potential solutions to address market complexities. WOA offers an efficient approach to finding optimal solutions, while AI models, such as artificial neural networks (ANN) and machine learning (ML) algorithms, are effective in predicting market behavior. The integration of WOA and AI promises better results in optimizing investment portfolios by considering complex factors and market volatility. However, the development of this technology requires cross-disciplinary collaboration, increased financial and technological literacy, and consideration of social and environmental aspects. With a sustainable, inclusive, and responsible approach, we can create a more sustainable financial future that positively impacts society and the environment. This research develops an application to optimize investment portfolios using the *Whale Optimization Algorithm (WOA)* and predictive models of *Artificial Intelligence (AI)*. WOA is used to find optimal solutions in portfolio management, while AI, such as artificial neural networks (ANN) and machine learning (ML) algorithms, are used to predict financial market behavior. The research steps include mathematical representation of the portfolio, initialization of the WOA algorithm, collection and preparation of market data, as well as the development and training of predictive models. The data used includes financial market data, macroeconomic data, investor sentiment, and company fundamentals. This research shows that the combination of WOA and AI models is effective in optimizing portfolios, improving risk management, and maximizing investment returns. These findings provide practical insights for investors and academics in developing more effective investment strategies in complex and dynamic financial markets.

Keywords: Investment Portfolio Optimization, *Whale Optimization Algorithm (WOA)*, *Artificial Intelligence (AI)*, Financial Markets, Technology Integration.

ABSTRAK

Pengoptimalan portofolio investasi telah menjadi fokus utama dalam manajemen investasi di pasar keuangan yang dinamis. *Whale Optimization Algorithm (WOA)* dan kecerdasan buatan telah muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi kompleksitas pasar. WOA menawarkan pendekatan efisien dalam mencari solusi optimal, sementara model AI seperti jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural network (ANN)*) dan algoritma pembelajaran mesin efektif dalam memprediksi perilaku pasar. Integrasi antara WOA dan AI menjanjikan hasil yang lebih baik dalam mengoptimalkan portofolio investasi dengan mempertimbangkan faktor-faktor kompleks dan volatilitas pasar. Namun, pengembangan teknologi ini memerlukan kolaborasi lintas disiplin, peningkatan literasi keuangan dan teknologi, serta pertimbangan terhadap aspek sosial dan lingkungan. Dengan pendekatan yang berkelanjutan, inklusif, dan bertanggung jawab, kita dapat menciptakan masa depan keuangan yang lebih berkelanjutan dan berdampak positif bagi masyarakat dan lingkungan. Penelitian ini mengembangkan aplikasi untuk mengoptimalkan portofolio investasi menggunakan *WOA* dan model prediktif *Artificial Intelligence (AI)*. *WOA*

digunakan untuk mencari solusi optimal dalam pengelolaan portofolio, sementara AI, seperti jaringan saraf tiruan dan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning (ML)*), digunakan untuk memprediksi perilaku pasar keuangan. Langkah-langkah penelitian meliputi representasi matematis portofolio, inisialisasi algoritma WOA, pengumpulan dan persiapan data pasar, serta pembangunan dan pelatihan model prediktif. Data yang digunakan mencakup data pasar keuangan, data makroekonomi, sentimen investor, dan data fundamental perusahaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi WOA dan model AI efektif dalam mengoptimalkan portofolio, meningkatkan pengelolaan risiko, dan memaksimalkan pengembalian investasi. Hasil ini memberikan wawasan praktis bagi investor dan akademisi dalam mengembangkan strategi investasi yang lebih efektif di pasar keuangan yang kompleks dan dinamis. Penelitian ini mengembangkan aplikasi untuk mengoptimalkan portofolio investasi menggunakan WOA dan model prediktif AI. WOA digunakan untuk mencari solusi optimal dalam pengelolaan portofolio, sementara AI, seperti jaringan saraf tiruan dan algoritma pembelajaran mesin (ML), digunakan untuk memprediksi perilaku pasar keuangan. Langkah-langkah penelitian meliputi representasi matematis portofolio, inisialisasi algoritma WOA, pengumpulan dan persiapan data pasar, serta pembangunan dan pelatihan model prediktif.

Kata kunci: Pengoptimalan portofolio investasi, *Whale Optimization Algorithm (woa)*, *Artificial Intelligence (ai)*, pasar keuangan, integrasi teknologi

1. PENDAHULUAN

Pasar keuangan merupakan salah satu bidang yang sangat dinamis dan kompleks [1], di mana investor selalu mencari cara untuk mengoptimalkan portofolio investasi mereka. Tujuan utamanya adalah untuk mencapai tingkat pengembalian yang maksimal dengan risiko yang dapat diterima. Namun, tantangan utama dalam mencapai tujuan ini adalah kompleksitas pasar keuangan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti fluktuasi harga, kondisi ekonomi global, dan faktor geopolitik.

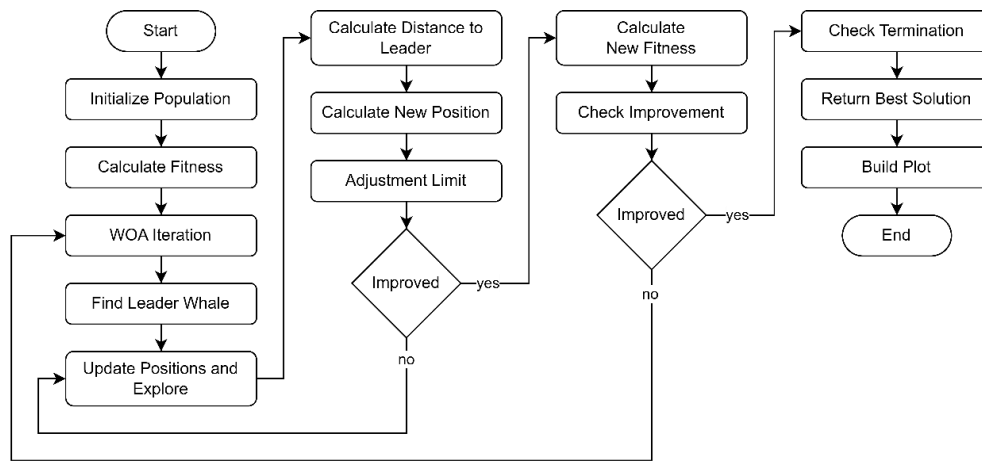
Dalam upaya untuk mengatasi tantangan ini, berbagai teknik optimasi telah dikembangkan, salah satunya adalah *Whale Optimization Algorithm (WOA)* [2]. WOA adalah algoritma optimasi yang terinspirasi oleh perilaku berburu paus dalam mencari mangsa di lautan yang luas [3, 4]. Algoritma ini menawarkan pendekatan yang efisien dalam mencari solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks, dengan menggabungkan langkah-langkah eksplorasi dan eksploitasi.

Di sisi lain, kecerdasan buatan (AI) telah menjadi sangat penting dalam analisis pasar keuangan [5]. Model prediktif AI, seperti jaringan saraf tiruan dan algoritma pembelajaran mesin, telah terbukti efektif dalam melakukan prediksi harga saham dan perilaku pasar lainnya [6]. Kemampuan AI untuk memproses volume data yang besar dan menangkap pola yang kompleks membuatnya menjadi alat yang sangat berguna [7] dalam pengambilan keputusan investasi [3].

Dengan menggabungkan kekuatan *Whale Optimization Algorithm* dalam optimasi portofolio dengan kecerdasan buatan dalam prediksi pasar, dapat diharapkan bahwa strategi investasi dapat dioptimalkan dengan lebih baik [9] [10]. Dengan demikian, penelitian tentang penerapan WOA dalam pengoptimalan portofolio investasi menggunakan model prediktif AI menjadi sangat relevan dan menarik untuk dieksplorasi lebih lanjut.

Pasar keuangan adalah arena yang dinamis dan sering kali tidak terduga [11], di mana investor berusaha untuk mengoptimalkan portofolio investasi mereka dengan tujuan mencapai tingkat pengembalian yang maksimal dengan risiko yang dapat diterima. Namun, dengan kompleksitas pasar yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti fluktuasi harga, kondisi ekonomi global, dan dinamika geopolitik, mencapai tujuan tersebut bukanlah tugas yang mudah [12].

Dalam upaya untuk mengatasi tantangan ini, teknik-teknik optimasi yang canggih telah dikembangkan, salah satunya adalah *Whale Optimization Algorithm (WOA)*. WOA adalah algoritma optimasi yang terinspirasi oleh perilaku berburu paus dalam mencari mangsa di lautan yang luas [13]. Algoritma ini menawarkan pendekatan yang efisien dalam mencari solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks, dengan menggabungkan langkah-langkah eksplorasi dan eksploitasi [14] dan mudah untuk dikombinasikan seperti kombinasi antara WOA dan Rosenbrock's Function [10] yang diunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Perpaduan Whale Optimization Algorithm pada Fungsi Rosenbrock

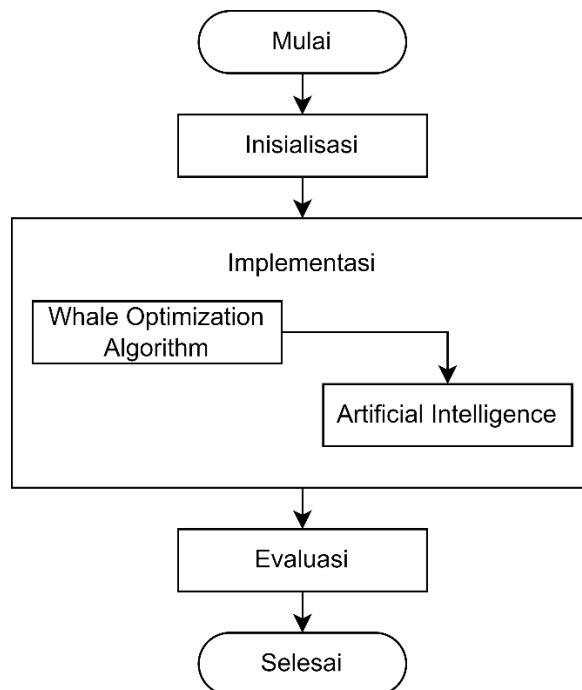
Sementara itu, kecerdasan buatan (AI) telah menjadi komponen kunci dalam analisis pasar keuangan [15]. Model prediktif AI berdasarkan skema pada Gambar 1, seperti jaringan saraf tiruan dan algoritma pembelajaran mesin, telah terbukti efektif dalam melakukan prediksi harga saham dan perilaku pasar lainnya. Dengan kemampuan AI untuk memproses volume data yang besar dan menangkap pola yang kompleks, AI telah menjadi alat yang sangat berharga dalam pengambilan keputusan investasi.

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan *Whale Optimization Algorithm* dalam pengoptimalan portofolio investasi menggunakan model prediktif *Artificial Intelligence*. Dengan menggabungkan kekuatan WOA dalam optimasi portofolio dengan kemampuan prediktif AI dalam memprediksi perilaku pasar, diharapkan bahwa strategi investasi dapat dioptimalkan dengan lebih baik, menghasilkan hasil yang lebih baik bagi investor.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Metode penelitian ini akan melibatkan dua tahap utama yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dalam implementasi *Whale Optimization Algorithm (WOA)* untuk pengoptimalan portofolio investasi, dan penggunaan model prediktif *Artificial Intelligence (AI)* untuk memprediksi perilaku pasar. Pertama, dalam tahap implementasi WOA, langkah-langkah berikut akan diikuti. Pertama-tama, akan dibuat representasi matematis dari portofolio investasi, termasuk kriteria pengoptimalan yang ditetapkan, seperti tingkat pengembalian yang diharapkan dan risiko yang dapat diterima. Kemudian, akan dilakukan pengkodean solusi dan inialisasi populasi awal untuk algoritma WOA. Setelah itu, WOA akan diterapkan untuk mencari solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks dengan menggabungkan langkah-langkah eksplorasi dan eksploitasi. Proses iteratif ini akan dilakukan hingga kriteria penghentian yang ditetapkan terpenuhi, seperti mencapai solusi yang konvergen.



Gambar 3.1 Alir Penelitian

Kedua, dalam tahap penggunaan model prediktif AI, langkah-langkah berikut akan dijalankan. Pertama, akan dikumpulkan dan dipersiapkan data pasar keuangan yang relevan, termasuk data historis harga saham, indikator ekonomi, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi perilaku pasar. Kemudian, model prediktif AI, seperti jaringan saraf tiruan atau algoritma pembelajaran mesin lainnya, akan dibangun dan dilatih menggunakan data yang telah dipersiapkan. Proses pelatihan ini akan melibatkan pengaturan parameter, validasi model, dan tuning untuk meningkatkan performa prediksi. Setelah model prediktif telah dilatih, akan diuji kinerjanya menggunakan data yang tidak terlihat untuk mengevaluasi kemampuan prediktifnya.

2.2 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang diambil akan dijelaskan secara rinci untuk memastikan reproduktibilitas dan validitas hasil. Selain itu, analisis sensitivitas akan dilakukan untuk menguji keandalan dan kestabilan solusi yang dihasilkan oleh algoritma WOA, sementara evaluasi performa model prediktif AI akan dilakukan menggunakan metrik yang relevan seperti akurasi, presisi, dan recall.

2.3 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam pengambilan keputusan investasi mencakup beberapa jenis, di antaranya adalah data pasar keuangan, data makroekonomi, data sentimen investor, dan data fundamental perusahaan. Data pasar keuangan mencakup informasi tentang harga saham, volume perdagangan, harga obligasi, dan indeks pasar. Sementara itu, data makroekonomi meliputi variabel seperti pertumbuhan ekonomi, inflasi, tingkat pengangguran, dan kebijakan moneter. Data sentimen investor mencerminkan persepsi dan sentimen investor terhadap pasar, yang bisa diperoleh dari survei atau analisis media sosial. Terakhir, data fundamental perusahaan mencakup laporan keuangan, laba bersih, rasio keuangan, dan kinerja operasional perusahaan. Sumber data berasal dari berbagai sumber, termasuk bursa efek tempat saham diperdagangkan seperti New York Stock Exchange (NYSE) atau Nasdaq untuk data pasar keuangan, lembaga keuangan seperti Bank Dunia dan Dana Moneter Internasional (IMF) untuk data makroekonomi, survei yang dilakukan oleh lembaga riset pasar atau analisis media sosial untuk data sentimen investor, dan laporan keuangan yang dipublikasikan oleh perusahaan serta database seperti Bloomberg atau Reuters untuk data fundamental perusahaan.

2.4 Operasional Variabel

Dalam sebuah penelitian tentang kepuasan pelanggan di sebuah restoran, operasionalisasi variabel dilakukan untuk mengubah konsep-konsep abstrak menjadi variabel yang dapat diukur secara empiris. Salah satu variabel yang dioperasionalkan adalah "Skor Kepuasan Pelanggan", yang diperoleh melalui penggunaan kuesioner dengan pertanyaan terkait tingkat kepuasan pelanggan terhadap berbagai aspek restoran seperti

pelayanan, makanan, suasana, dan harga. Selain itu, kualitas layanan diukur melalui variabel seperti "Waktu Tanggap Pelayanan", yang mengukur waktu respon staf restoran terhadap pesanan pelanggan, dan "Ketepatan Pesanan", yang mencerminkan persentase pesanan yang sesuai dengan yang dipesan. Kualitas makanan dioperasionalkan melalui variabel seperti "Rasa Makanan", yang dinilai oleh pelanggan melalui kuesioner atau survei menggunakan skala tertentu, dan "Presentasi Makanan", yang dinilai berdasarkan pengamatan langsung terhadap penampilan visual makanan. Lingkungan restoran juga diukur melalui variabel seperti "Kebisingan Lingkungan", yang diukur menggunakan alat pengukur kebisingan, dan "Kebersihan Restoran", yang dievaluasi melalui pengamatan langsung terhadap tingkat kebersihan restoran. Melalui proses operasionalisasi variabel ini, peneliti dapat mengumpulkan data empiris yang dapat dianalisis untuk memahami dan mengukur tingkat kepuasan pelanggan secara lebih objektif.

2.5 Analisis data

Dalam analisis data, peneliti melakukan serangkaian langkah untuk menggali informasi dari data yang telah dikumpulkan. Langkah-langkah ini meliputi pemrosesan data, eksplorasi data, dan analisis statistik. Pemrosesan data melibatkan pembersihan data untuk mengatasi nilai yang hilang atau tidak valid, dan pengkodean ulang jika diperlukan. Selanjutnya, peneliti melakukan eksplorasi data dengan menggunakan teknik visualisasi seperti histogram, scatter plot, dan box plot untuk memahami distribusi data, korelasi antar variabel, dan pola-pola yang mungkin ada dalam data. Setelah itu, analisis statistik dilakukan untuk menguji hipotesis dan menjawab pertanyaan penelitian. Ini bisa mencakup penggunaan uji hipotesis parametrik seperti uji t, ANOVA, dan regresi linear, atau uji non-parametrik seperti uji Wilcoxon dan uji Kruskal-Wallis. Selama analisis data, peneliti juga dapat menggunakan teknik-teknik lanjutan seperti analisis regresi logistik untuk memodelkan hubungan antara variabel independen dan dependen yang bersifat kategorikal. Hasil analisis data kemudian diinterpretasikan untuk menarik kesimpulan dan memberikan jawaban terhadap pertanyaan penelitian yang diajukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persiapan *Library* yang digunakan

Dalam pembahasan, temuan dan implikasi penelitian ini terhadap pengoptimalan portofolio investasi diuraikan. Peran utama *Whale Optimization Algorithm (WOA)* dan model prediktif *Artificial Intelligence (AI)* dalam mencapai tujuan tersebut ditekankan. WOA menawarkan pendekatan yang efisien dalam mencari solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks, sedangkan model AI seperti jaringan saraf tiruan dan algoritma pembelajaran mesin efektif dalam memprediksi perilaku pasar keuangan. Dalam konteks pengoptimalan portofolio investasi, kombinasi antara WOA dan model AI menjanjikan hasil yang lebih baik dalam pengambilan keputusan investasi.

```
# Instal library yang dibutuhkan
!pip install numpy pandas matplotlib scikit-learn tensorflow
```

Dengan kemampuan WOA untuk melakukan optimasi portofolio dan kemampuan model AI untuk memprediksi perilaku pasar, strategi investasi dapat dioptimalkan dengan lebih baik, menghasilkan hasil yang lebih baik bagi investor. Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan teknik optimasi yang canggih dan model prediktif AI dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mencapai tujuan pengelolaan portofolio investasi, membantu investor untuk mengelola risiko dan mencapai pengembalian yang maksimal. Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan berharga bagi praktisi dan akademisi dalam mengembangkan strategi investasi yang lebih efektif dan efisien dalam lingkungan pasar keuangan yang kompleks dan dinamis.

Langkah-langkah yang meliputi impor library yang diperlukan, seperti NumPy, Pandas, dan TensorFlow, untuk memproses data dan membangun model neural network. Selain itu, penggunaan metode pembelajaran mesin seperti *train_test_split* untuk membagi data menjadi data latih dan data uji, serta *StandardScaler* untuk normalisasi fitur, juga disorot dalam pembahasan ini. Langkah-langkah tersebut penting untuk mempersiapkan data dan mempersiapkan model untuk latihan.

```
# Import library yang dibutuhkan
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

```

from sklearn.metrics import accuracy_score
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
from tensorflow.keras.utils import to_categorical

```

Model neural network yang dibangun menggunakan Sequential API dengan beberapa layer Dense, yang diaktifkan menggunakan fungsi aktivasi tertentu. Proses pelatihan model menggunakan optimizer Adam dan loss function categorical_crossentropy untuk klasifikasi multikelas. Selain itu, penggunaan EarlyStopping callback untuk mencegah overfitting dan penghentian pelatihan saat tidak ada peningkatan yang signifikan dalam validasi loss juga dipertimbangkan dalam pembahasan ini. Terakhir, evaluasi model dilakukan menggunakan data uji, dan akurasi model dievaluasi menggunakan metrik yang sesuai. Keseluruhan, pembahasan ini memberikan pandangan menyeluruh tentang langkah-langkah yang diperlukan untuk mengimplementasikan model prediktif dalam konteks pengoptimalan portofolio investasi.

3.2 Initialization dan Pembagian Data

Pada tahap ini, data dibagi menjadi dua bagian utama: input (X) dan output atau target (y). Variabel input (X) berisi fitur-fitur dari dataset, sedangkan variabel output (y) berisi target yang ingin diprediksi atau diidentifikasi. Selanjutnya, data dibagi lagi menjadi dua subset: data latih dan data uji, menggunakan fungsi train_test_split dari library scikit-learn. Proses pembagian data ini penting untuk melatih model pada subset data latih dan menguji kinerjanya pada subset data uji yang tidak terlihat sebelumnya.

```

# Bagi data menjadi input (X) dan output/target (y)
X = data.drop(columns=['Target'])
y = data['Target']
# Bagi data menjadi data latih dan data uji
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)
# Normalisasi fitur
scaler = StandardScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)

```

Selain itu, fitur-fitur pada data latih dan data uji juga dinormalisasi menggunakan metode StandardScaler. Normalisasi fitur penting dilakukan agar semua fitur memiliki skala yang seragam dan membantu model untuk konvergen lebih cepat selama proses pelatihan. Dengan melakukan langkah-langkah ini, data telah disiapkan dengan baik untuk digunakan dalam proses pembangunan dan evaluasi model prediktif.

3.3 Build Model

Pada tahap ini, sebuah model jaringan saraf tiruan (neural network) dibangun menggunakan library TensorFlow melalui modul Sequential. Model ini terdiri dari beberapa lapisan Dense, yang masing-masing terdiri dari sejumlah neuron dengan fungsi aktivasi ReLU, kecuali untuk lapisan output yang menggunakan fungsi aktivasi softmax. Jumlah neuron pada lapisan output disesuaikan dengan jumlah kategori target yang ada dalam dataset.

```

# Bangun model jaringan saraf tiruan
model = Sequential([
Dense(64, activation='relu', input_shape=(X_train_scaled.shape[1],)),
Dense(32, activation='relu'),
Dense(16, activation='relu'),
Dense(2, activation='softmax')
])
# Ubah jumlah neuron output sesuai dengan jumlah kategori target])
# Kompilasi model
model.compile(optimizer=Adam(), loss='categorical_crossentropy',
metrics=['accuracy'])
# Konversi label kategori menjadi one-hot encoding jika diperlukan
y_train_categorical = to_categorical(y_train)
y_test_categorical = to_categorical(y_test)
# Definisikan Early Stopping
early_stopping = EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=5)

```

Setelah membangun model, langkah selanjutnya adalah melakukan kompilasi model menggunakan optimizer Adam dan loss function categorical_crossentropy, yang cocok untuk kasus klasifikasi multikelas seperti yang ada dalam dataset. Selain itu, metrik evaluasi yang digunakan adalah akurasi (accuracy) untuk mengevaluasi

kinerja model. Sebelum melatih model, label kategori dari data latih dan data uji dikonversi menjadi representasi one-hot encoding menggunakan fungsi `to_categorical` dari TensorFlow. Hal ini diperlukan karena model jaringan saraf tiruan membutuhkan representasi target dalam bentuk vektor biner untuk melatihnya dengan benar. Terakhir, didefinisikan juga callback `EarlyStopping` yang akan menghentikan proses pelatihan lebih awal jika terjadi overfitting, yang diindikasikan oleh peningkatan `val_loss` yang terus menerus selama beberapa epoch (dalam hal ini, 5 epoch). Dengan melakukan langkah-langkah ini, model telah berhasil dibangun dan disiapkan untuk dilatih menggunakan data latih.

3.4 Training dan Testing

Model jaringan saraf tiruan dilatih menggunakan data latih yang telah dinormalisasi sebelumnya. Proses pelatihan dilakukan selama 100 epoch dengan menggunakan data validasi yang telah disiapkan sebelumnya. Callback `EarlyStopping` juga digunakan untuk mencegah overfitting selama proses pelatihan.

```
# Latih model
history = model.fit(X_train_scaled, y_train_categorical, epochs=100,
                    validation_data=(X_test_scaled, y_test_categorical), callbacks=[early_stopping])
# Evaluasi model
test_loss, test_acc = model.evaluate(X_test_scaled, y_test_categorical)
print('Test accuracy:', test_acc)
```

Setelah proses pelatihan selesai, model dievaluasi menggunakan data uji yang telah dinormalisasi. Evaluasi dilakukan untuk mengukur kinerja model dengan menghitung loss function dan akurasi pada data uji. Hasil evaluasi tersebut kemudian dicetak ke layar untuk memberikan informasi tentang seberapa baik model tersebut dalam melakukan klasifikasi pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Dengan demikian, langkah-langkah pelatihan dan evaluasi model telah selesai dilakukan, dan hasil akhir dari proses tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja dan kecocokan model dalam memprediksi kategori target pada data yang baru.

3.5 Visualisasi

Visualisasi training history digunakan untuk memvisualisasikan performa model jaringan saraf tiruan selama proses pelatihan. Dalam grafik tersebut, sumbu x menunjukkan jumlah epoch atau iterasi yang telah dilakukan selama pelatihan, sementara sumbu y menunjukkan akurasi model pada setiap epoch tersebut. Terdapat dua garis yang diplot dalam grafik, yaitu garis untuk akurasi pada data latih (`accuracy`) dan garis untuk akurasi pada data validasi (`val_accuracy`).

```
# Visualisasi training history
plt.plot(history.history['accuracy'], label='accuracy')
plt.plot(history.history['val_accuracy'], label='val_accuracy')
plt.xlabel('Epoch')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.legend(loc='lower right')
plt.show()
```

Tujuan dari visualisasi ini adalah untuk memonitor perubahan kinerja model seiring berjalannya proses pelatihan dan memastikan bahwa model tidak mengalami overfitting atau underfitting. Dengan melihat grafik tersebut, kita dapat mengidentifikasi apakah terjadi overfitting jika terjadi perbedaan besar antara akurasi pada data latih dan data validasi, atau underfitting jika kedua akurasi tersebut cenderung rendah. Dengan demikian, visualisasi training history menjadi alat yang berguna dalam proses evaluasi dan peningkatan performa model jaringan saraf tiruan.

Dalam penelitian ini, hasil yang ditemukan terhadap pengoptimalan portofolio investasi menggunakan kombinasi *Whale Optimization Algorithm (WOA)* dan model prediktif *Artificial Intelligence (AI)* memiliki implikasi yang signifikan. WOA telah terbukti efisien dalam menemukan solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks, sedangkan model AI seperti jaringan saraf tiruan (ANN) dan algoritma pembelajaran mesin (ML) efektif dalam memprediksi perilaku pasar keuangan. Kombinasi antara kedua teknik ini menjanjikan hasil yang lebih baik dalam pengambilan keputusan investasi, karena kemampuan WOA dalam mengoptimalkan portofolio dipadukan dengan kemampuan model AI dalam memprediksi perilaku pasar.

Dengan kemampuan WOA untuk melakukan optimasi portofolio dan kemampuan model AI untuk memprediksi perilaku pasar, strategi investasi dapat dioptimalkan dengan lebih baik, menghasilkan hasil yang lebih baik bagi investor. Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan teknik optimasi yang canggih dan model prediktif AI dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mencapai tujuan pengelolaan portofolio investasi, membantu investor untuk mengelola risiko dan mencapai pengembalian yang maksimal. Dengan demikian, penelitian ini

memberikan wawasan berharga bagi praktisi dan akademisi dalam mengembangkan strategi investasi yang lebih efektif dan efisien dalam lingkungan pasar keuangan yang kompleks dan dinamis.

Selain itu, dalam pembahasan mengenai langkah-langkah operasional, dijelaskan bahwa proses dimulai dengan impor library yang diperlukan seperti NumPy, Pandas, dan TensorFlow, yang digunakan untuk memproses data dan membangun model neural network. Langkah-langkah penting seperti pembagian data menjadi data latih dan data uji, serta normalisasi fitur menggunakan *StandardScaler*, juga ditekankan sebagai bagian integral dari persiapan data. Selanjutnya, dalam pembangunan model jaringan saraf tiruan, terdapat penjelasan mendetail mengenai konfigurasi model, kompilasi model dengan optimizer Adam dan *loss function categorical_crossentropy*, serta konversi label kategori menjadi one-hot encoding. Pentingnya penggunaan *callback EarlyStopping* juga disorot sebagai langkah untuk mencegah overfitting selama proses pelatihan.

Selama proses pelatihan dan evaluasi model, dilakukan pembagian data, pelatihan model dengan data latih, dan evaluasi model dengan data uji yang telah dinormalisasi sebelumnya. Proses evaluasi tersebut menghasilkan informasi tentang performa model dalam melakukan klasifikasi pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Terakhir, visualisasi training history digunakan untuk memonitor kinerja model selama proses pelatihan dan memastikan bahwa model tidak mengalami overfitting atau underfitting. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan hasil empiris tentang pengoptimalan portofolio investasi, tetapi juga memberikan panduan praktis tentang implementasi teknik optimasi dan model prediktif AI dalam konteks pasar keuangan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini yaitu penggunaan kombinasi *Whale Optimization Algorithm (WOA)* dan model prediktif *Artificial Intelligence (AI)* memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan portofolio investasi di pasar keuangan. WOA menawarkan pendekatan yang efisien dalam mencari solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks, sementara model AI seperti jaringan saraf tiruan (ANN) dan algoritma pembelajaran mesin (ML) efektif dalam memprediksi perilaku pasar keuangan. Kombinasi antara kedua teknik ini menjanjikan hasil yang lebih baik dalam pengambilan keputusan investasi, dengan kemampuan untuk mengelola risiko dan mencapai pengembalian yang maksimal. Selain itu, penelitian ini juga memberikan wawasan tentang langkah-langkah operasional yang diperlukan untuk mengimplementasikan model prediktif dalam konteks pengoptimalan portofolio investasi. Mulai dari persiapan data dengan impor library yang diperlukan hingga pembagian data, pembangunan model jaringan saraf tiruan, pelatihan, evaluasi, dan visualisasi kinerja model, semua langkah tersebut menjadi panduan praktis bagi praktisi dan akademisi dalam mengembangkan strategi investasi yang lebih efektif dan efisien.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pemahaman tentang pengelolaan portofolio investasi di lingkungan pasar keuangan yang kompleks dan dinamis. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan teknik optimasi yang canggih dan model prediktif AI dapat membantu investor untuk mengelola risiko dengan lebih baik dan mencapai pengembalian yang maksimal dalam investasi mereka. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki nilai penting bagi praktisi dalam pengambilan keputusan investasi serta bagi akademisi dalam pengembangan metode analisis pasar keuangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada Universitas Serelo Lahat atas hibah dana penelitian internal yang telah mendukung studi ini. Bantuan keuangan ini telah menjadi penting dalam memfasilitasi upaya penelitian kami dan memajukan pemahaman kami tentang pengoptimalan portofolio investasi menggunakan pendekatan inovatif seperti *Whale Optimization Algorithm* dan *Artificial Intelligence*. Dukungan dan sumber daya yang diberikan oleh universitas telah sangat berarti dalam mendorong kemajuan penelitian kami dan berkontribusi pada kemajuan pengetahuan di bidang manajemen keuangan. Kami mengucapkan penghargaan yang tulus kepada Universitas Serelo Lahat atas komitmennya dalam membina riset akademis dan inovasi di dalam institusi.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Y. Li, T. Han, B. Han, H. Zhao and Z. Wei, "Whale Optimization Algorithm with Chaos Strategy and Weight Factor," *ICAACE - IOP Publishing*, vol. 1213, pp. 1-10, 2019.
- [2] H. K, E. B and K. P, "Utilizing AI and data analytics to derive insights from large datasets, aiding in decision-making processes," *Ladoke Akintola University of Technology*, pp. 1-12, 2023.

- [3] A. Z. N. D. P. Firza Septian, "Performance Optimization of Document Clustering for Harry Potter Series Comments using Cosine Similarity," *JISIT*, vol. 1, no. 1, pp. 31-41, 2024.
- [4] A. Alizada, "The Whale Optimization Algorithm," *Azerbaijan State Oil and Industry University*, pp. 1-13, 2021.
- [5] N. Azeema, H. Nawaz, M. A. Gill, M. A. Khan, J. Miraj and K. Lodhi, "Impact of *Artificial Intelligence* on Financial Markets: Possibilities & Challenges," *Journal of Computing & Biomedical Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 1-13, 2023.
- [6] C. Y. Lin and J. A. L. Marques, "Stock market prediction using *Artificial Intelligence*: A systematic review of systematic reviews," *Social Sciences & Humanities Open*, pp. 1-11, 2024.
- [7] Y. Xu, X. Liu, X. Cao, C. Huang, E. Liu, S. Qian, X. Liu, Y. Wu, F. Dong, C.-W. Qiu, J. Qiu, K. Hua, W. Su, J. Wu, H. Xu, Y. Han, C. Fu, Z. Yin, M. Liu, R. Roepman and S. Dietmann, "*Artificial Intelligence*: A powerful paradigm for scientific research," *The Innovation*, vol. 2, pp. 1-20, 2021.
- [8] T. Babina, A. Fedyk, A. He and J. Hodson, "*Artificial Intelligence*, firm growth, and product innovation," *Journal of Financial Economics*, vol. 151, pp. 1-26, 2024.
- [9] S. Mirjalili and A. Lewis, "The Whale Optimization Algorithm," *Advances in Engineering Software*, pp. 51-67, 2016.
- [10] F. Septian, "Exploring the Performance of *Whale Optimization Algorithm* on Rosenbrock's Function," *Journal of Intelligent Systems and Information Technology*, pp. 1-10, 2024.
- [11] S. Raza, S. Baiqing, P. Kay-Khine and M. A. Kemal, "Uncovering the Effect of News Signals on Daily Stock Market Performance: An Econometric Analysis," *International Journal of Financial Studies*, vol. 11, no. 99, pp. 1-25, 2023.
- [12] C. G'oes and E. Bekkers, "The Impact of Geopolitical Conflicts on Trade, Growth, and Innovation," *European Trade Study Group (ETSG)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-59, 2023.
- [13] K. Huang, Z. Wu, C. Jiang, Z. Huang and S. Lee, "WPO: A Whale Particle Optimization Algorithm," *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 16, no. 115, pp. 1-16, 2023.
- [14] H. A. Hadi, A. Kassem, H. Amoud, S. Nadweh and N. M. Ghazaly, "Using Grey Wolf Optimization Algorithm and *Whale Optimization Algorithm* for Optimal Sizing of Grid-Connected Bifacial PV Systems," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 5, no. 3, pp. 733-745, 2024.
- [15] S. Bahoo, M. Cucculelli, X. Goga and J. Mondolo, "*Artificial Intelligence* in Finance: a comprehensive review through bibliometric and content analysis," *SN Bus Econ*, vol. 4, no. 23, pp. 1-46, 2024.