

Edukasi dan Implementasi Algorithmic Trading Berbasis Random Forest sebagai Solusi Mitigasi Bias Psikologis bagi Komunitas Trader Pemula

Dede Jenal Irawan¹, Gina Purnama Insany²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra, Indonesia

Received : 15 Februari 2026, Revised : 21 Februari 2026, Published : 3 Maret 2026

Corresponding Author

Nama Penulis: Dede Jenal Irawan

E-mail: dede.jenal_ti22@nusaputra.ac.id

Abstrak

Trader pemula seringkali mengalami kerugian signifikan akibat bias psikologis seperti ketakutan, keserakahan, dan revenge trading yang mengganggu pengambilan keputusan rasional. Pengabdian masyarakat ini bertujuan memberikan edukasi dan implementasi sistem algorithmic trading berbasis Random Forest kepada komunitas trader pemula sebagai solusi mitigasi bias emosional dalam perdagangan emas (XAUUSD). Metode yang digunakan meliputi identifikasi masalah melalui diskusi dengan komunitas, perancangan algoritma menggunakan Python dengan integrasi API MetaTrader 5 secara local host, pelatihan model machine learning, serta evaluasi performa melalui backtesting dan pengujian real-time. Random Forest merupakan algoritma ensemble learning yang membangun ratusan decision trees untuk menghasilkan keputusan objektif berdasarkan voting mayoritas, sehingga mengurangi overfitting dan meningkatkan stabilitas prediksi. Hasil backtesting menunjukkan pertumbuhan modal dari \$100 menjadi \$10.875,15 sebagai indikator kemampuan model dalam mempelajari pola historis. Pada fase implementasi real-time market, sistem berhasil menghasilkan profit bersih \$1.512,82 dari modal awal \$484,36 dengan fitur proteksi risiko seperti stop loss, take profit, break even, trailing stop, dan averaging terukur. Kegiatan pengabdian ini memberikan dampak positif berupa peningkatan pemahaman trader pemula tentang trading sistematis berbasis data dan pengurangan kerugian akibat keputusan emosional impulsif.

Kata kunci—algorithmic trading, random forest, bias psikologis, machine learning, mitigasi risiko

Abstract

Novice traders often experience significant losses due to psychological biases such as fear, greed, and revenge trading that disrupt rational decision-making. This community service aims to provide education and implementation of Random Forest-based algorithmic trading systems to novice trader communities as a solution to mitigate emotional biases in gold trading (XAUUSD). The methods used include problem identification through community discussions, algorithm design using Python with MetaTrader 5 API integration via local host, machine learning model training, and performance evaluation through backtesting and real-time testing. Random Forest is an ensemble learning algorithm that builds hundreds of decision trees to generate objective decisions based on majority voting, thereby reducing overfitting and improving prediction stability. Backtesting results showed capital growth from \$100 to \$10,875.15 as an indicator of the model ability to learn historical patterns. In the real-time market implementation phase, the system successfully generated a net profit of \$1,512.82 from an initial capital of \$484.36 with risk protection features such as stop loss, take profit, break even, trailing

stop, and measured averaging. This community service activity provides positive impacts in the form of increased understanding of novice traders about data-driven systematic trading and reduction of losses due to impulsive emotional decisions.

Keywords — algorithmic trading, random forest, psychological bias, machine learning, risk mitigation

How To Cite : Irawan, D. J., & Insany, G. P. (2026). Edukasi dan Implementasi Algorithmic Trading Berbasis Random Forest sebagai Solusi Mitigasi Bias Psikologis bagi Komunitas Trader Pemula. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Mentari*, 2(9), 398–407. <https://doi.org/10.59837/jpmm.v2i8.261>

Copyright ©2026 Dede Jenal Irawan, Gina Purnama Insany

PENDAHULUAN

Perdagangan instrumen finansial, khususnya emas (XAUUSD), telah menjadi salah satu instrumen investasi yang diminati oleh masyarakat Indonesia dalam dekade terakhir. Aksesibilitas platform trading online yang semakin mudah dan edukasi finansial yang berkembang pesat mendorong pertumbuhan signifikan jumlah trader pemula di Indonesia. Namun demikian, tingkat keberhasilan trader pemula masih sangat rendah, dengan banyak studi menunjukkan bahwa sebagian besar trader baru mengalami kerugian signifikan pada tahap awal aktivitas trading mereka (Balcilar, Demirer, Gupta, & Wohar, 2017; Barberis, Greenwood, Jin, & Shleifer, 2018). Fenomena ini bukan semata-mata disebabkan oleh kurangnya pengetahuan teknis, melainkan lebih dominan dipicu oleh faktor psikologis yang mengganggu proses pengambilan keputusan rasional.

Bias psikologis dalam trading telah menjadi objek kajian intensif dalam literatur behavioral finance. Tiga bias utama yang paling sering dialami oleh trader pemula adalah ketakutan (fear), keserakahan (greed), dan perilaku balas dendam (revenge trading). Ketakutan sering membuat trader menutup posisi profit terlalu cepat atau enggan memasuki pasar meskipun terdapat sinyal yang valid, sedangkan keserakahan mendorong trader untuk menambah posisi secara berlebihan tanpa memperhatikan risiko. Revenge trading merupakan kondisi di mana trader membuka posisi baru secara impulsif untuk mengimbangi kerugian sebelumnya, tanpa analisis yang memadai. Ketiga bias ini dapat menciptakan siklus kerugian berkelanjutan dan mempersulit pencapaian konsistensi dalam trading (Barberis et al., 2018; Chen, Zhang, & Liu, 2020).

Komunitas trader pemula di wilayah Sukabumi dan sekitarnya menunjukkan karakteristik yang sama dengan temuan umum di literatur akademik. Berdasarkan observasi awal dan diskusi dengan komunitas trader lokal yang beranggotakan sekitar 45 orang rentang usia 18-35 tahun, ditemukan bahwa sebagian besar anggota (sekitar 82%) pernah mengalami kerugian signifikan dalam 3-6 bulan pertama mereka bertrading. Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa sekitar 67% dari kerugian tersebut terjadi akibat keputusan emosional yang tidak terencana, seperti menutup posisi profit terlalu dini karena panik atau membuka posisi berlebihan saat pasar sangat volatil. Kondisi psikologis ini diperparah oleh kurangnya sistem manajemen risiko yang terstruktur dan objektif, sehingga menciptakan lingkungan trading yang tidak konsisten dan rentan terhadap bias kognitif.

Perkembangan teknologi machine learning dan artificial intelligence membuka peluang baru untuk mengatasi permasalahan bias psikologis dalam trading. Algorithmic trading—yaitu sistem perdagangan yang menggunakan algoritma komputer untuk mengeksekusi keputusan jual-beli secara otomatis berdasarkan aturan predefinisi dan model prediktif—telah terbukti efektif dalam mengeliminasi faktor emosi manusia serta meningkatkan konsistensi keputusan (Dixon, Halperin, & Bilokon, 2020; Gu, Kelly, & Xiu, 2020).

Salah satu algoritma machine learning yang populer dan memiliki performa baik dalam prediksi data non-linear adalah Random Forest. Random Forest merupakan metode ensemble learning yang bekerja dengan membangun sejumlah besar decision tree secara paralel, kemudian mengambil keputusan berdasarkan majority voting dari semua pohon yang dibentuk. Pendekatan ini tidak hanya mampu mengurangi risiko overfitting, tetapi juga memberikan prediksi yang lebih stabil dan robust

pada data kompleks seperti pasar finansial (Probst, Wright, & Boulesteix, 2019; Krauss, Do, & Huck, 2017).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi aplikasi machine learning dalam prediksi pasar finansial. Sebagai contoh, Sezer, Gudelek, & Ozbayoglu (2020) melakukan kajian sistematis terhadap penggunaan metode deep learning dan machine learning untuk financial time series forecasting, sementara Fischer & Krauss (2018) memaparkan keunggulan model prediktif dalam menangkap dinamika pasar yang kompleks. Studi-studi ini mendukung pilihan penggunaan algoritma modern untuk tujuan prediksi harga dan keputusan trading (Khaidem, Saha, & Dey, 2016; Zhang, Zohren, & Roberts, 2019).

Oleh karena itu, diperlukan program pengabdian masyarakat yang memberikan edukasi konseptual sekaligus implementasi praktis yang dapat langsung digunakan oleh peserta. Berdasarkan analisis situasi di atas, kegiatan ini bertujuan untuk: (1) Memberikan pemahaman komprehensif tentang konsep algorithmic trading dan peran machine learning dalam mitigasi bias psikologis; (2) Mengimplementasikan sistem algorithmic trading berbasis Random Forest yang praktis untuk trading emas (XAUUSD); (3) Mengevaluasi dampak penggunaan sistem terhadap peningkatan disiplin trading dan penurunan frekuensi keputusan emosional.

METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan melalui pendekatan partisipatif dan aplikatif dengan tahapan yang sistematis. Metode pelaksanaan dirancang untuk memastikan bahwa tidak hanya transfer pengetahuan konseptual yang terjadi, tetapi juga transfer keterampilan teknis yang langsung dapat diimplementasikan oleh peserta. Keseluruhan kegiatan dibagi menjadi lima tahapan utama yang saling berkaitan.

1. Identifikasi Masalah dan Analisis Kebutuhan

Tahap awal dilakukan melalui diskusi kelompok terfokus (Focus Group Discussion/FGD) dengan 45 anggota komunitas trader pemula. Diskusi ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan utama yang mereka hadapi dalam aktivitas trading sehari-hari. Hasil FGD menunjukkan bahwa mayoritas peserta mengalami kesulitan dalam mengelola emosi, terutama dalam kondisi pasar volatil. Hal ini sejalan dengan teori bahwa bias ekstrapolasi sering kali mengaburkan logika trader saat menghadapi pergerakan harga yang ekstrem (Barberis, Greenwood, Jin, & Shleifer, 2018). Berdasarkan masukan ini, tim merumuskan kerangka program yang fokus pada pembangunan pemahaman konseptual tentang pentingnya disiplin sistematis.

2. Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data

Data historis harga emas (XAUUSD) dalam format OHLC dikumpulkan dari API MetaTrader 5 menggunakan library mt5 di Python. Proses feature engineering dilakukan untuk menciptakan 23 fitur input, termasuk indikator teknikal seperti RSI, MACD, dan ATR. Penggunaan indikator teknikal sebagai fitur input dalam model pembelajaran mesin telah terbukti efektif untuk menangkap dinamika time series di pasar finansial (Sezer, Gudelek, & Ozbayoglu, 2020; Chen, Zhang, & Liu, 2020). Proses normalisasi data menggunakan metode Min-Max Scaling diterapkan untuk memastikan semua fitur berada dalam rentang 0-1 agar model dapat belajar dengan lebih efisien.

3. Perancangan dan Pelatihan Model Random Forest

Model Random Forest dipilih karena kemampuannya dalam menangani data non-linear dan memberikan prediksi yang lebih stabil melalui mekanisme ensemble (Breiman, 2001; Biau & Scornet, 2016). Model dikonfigurasi melalui proses hyperparameter tuning menggunakan Grid Search untuk menentukan parameter optimal seperti *n_estimators* dan *max_depth*. Strategi penalaan (tuning) ini krusial untuk menyeimbangkan performa model dan mencegah overfitting (Probst, Wright, & Boulesteix, 2019). Data dibagi menjadi 80% untuk pelatihan dan 20% untuk

pengujian, dengan evaluasi performa menggunakan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score.

4. Implementasi Sistem Algorithmic Trading

Sistem diintegrasikan dengan platform MetaTrader 5 sebagai loop kontinu yang berjalan setiap jam. Arsitektur sistem ini mengadopsi prinsip algorithmic trading di mana eksekusi dilakukan secara otomatis berdasarkan aturan predefinisi untuk mengeliminasi hambatan emosional (Dixon, Halperin, & Bilokon, 2020). Fitur manajemen risiko yang diterapkan meliputi Auto Lot Sizing, Dynamic Stop Loss berbasis ATR, dan Trailing Stop. Penggunaan model prediktif untuk optimalisasi keputusan perdagangan ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan keunggulan algoritma cerdas dalam manajemen portofolio (Zhang, Zohren, & Roberts, 2019).

5. Edukasi dan Pendampingan

Kegiatan edukasi dilaksanakan melalui tiga sesi workshop intensif. Sesi pertama membahas dasar algorithmic trading dan mitigasi bias psikologis. Sesi kedua fokus pada demonstrasi cara kerja Random Forest dan interpretasi output model, sementara sesi ketiga adalah pendampingan teknis instalasi. Pendekatan ini bertujuan agar peserta mampu melakukan pengujian mandiri (backtesting) untuk memahami probabilitas sistem sebelum digunakan di pasar riil (Khaidem, Saha, & Dey, 2016). Evaluasi dampak program dilakukan melalui pre-test dan post-test serta monitoring performa trading peserta selama 3 bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah dilaksanakan dengan melibatkan 45 peserta dari komunitas trader pemula di wilayah Sukabumi selama 4 bulan (Oktober 2025 – Januari 2026). Hasil kegiatan diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama: hasil edukasi peserta, evaluasi teknis sistem, dan dampak perilaku trading komunitas.

1. Hasil Edukasi dan Peningkatan Pemahaman Peserta

Workshop intensif selama 3 hari berhasil meningkatkan pemahaman peserta secara signifikan. Hasil pre-test menunjukkan rata-rata skor 42,5, yang kemudian meningkat drastis menjadi 78,3 pada post-test (peningkatan 84,2%). Sebanyak 93% peserta menyatakan pemahaman yang lebih baik mengenai pentingnya objektivitas data dalam menekan bias emosional. Hal ini sejalan dengan urgensi adopsi teknologi cerdas untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan di pasar finansial modern (Chen, Zhang, & Liu, 2020).



Gambar 1.

Dokumentasi kegiatan edukasi dengan komunitas trader pemula



Gambar 2.

Presentasi sistem algorithmic trading kepada peserta workshop



Gambar 3.

Sesi praktik implementasi sistem bersama peserta

2. Hasil Teknis Pengembangan dan Evaluasi Sistem

Sistem algorithmic trading berbasis Random Forest telah diintegrasikan dengan platform MetaTrader 5 melalui koneksi local host. Tabel 1 menunjukkan hasil backtesting pada data historis (1 Januari 2025 – 5 Januari 2026). Hasil menunjukkan pertumbuhan modal dari \$100 menjadi \$10.875,15 (ROI 10.775%). Angka ini merupakan hasil dari kemampuan model dalam menangkap pola non-linear pada data historis secara mendalam (Fischer & Krauss, 2018).

Tabel 1 menunjukkan hasil backtesting sistem pada data historis periode 1 Januari 2025 hingga 5 Januari 2026. Backtesting adalah proses simulasi pada data masa lalu untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mempelajari pola harga. Hasil menunjukkan pertumbuhan modal dari \$100 menjadi \$10.875,15 atau ROI sebesar 10.775%. Total 10.875 transaksi dieksekusi dengan win rate 68,3%. Profit factor sebesar 2,87 menunjukkan bahwa setiap \$1 kerugian diimbangi dengan \$2,87 profit. Maximum drawdown hanya 4,2% menunjukkan sistem memiliki manajemen risiko yang ketat.

Meskipun hasil backtesting menunjukkan angka yang sangat tinggi, temuan ini harus ditafsirkan sebagai kemampuan model dalam mempelajari pola masa lalu. Dinamika pasar yang bersifat non-stasioner menuntut pembaruan model secara berkala (Sezer, Gudelek, & Ozbayoglu, 2020). Risiko overfitting diminimalisir dengan penalaan hyperparameter yang tepat guna memastikan stabilitas model saat menghadapi data baru (Probst, Wright, & Boulesteix, 2019).

Tabel 1.

Hasil Pelatihan Algoritma Random Forest (Backtesting)

Parameter	Nilai
Periode Backtesting	1 Jan 2025 - 5 Jan 2026
Modal Awal	\$100
Saldo Akhir	\$10.875,15
Net Profit	\$10.775,15
Total Trades	10.875
Win Rate	68,3%
Profit Factor	2,87
Maximum Drawdown	4,2%
Return on Investment (ROI)	10.775%

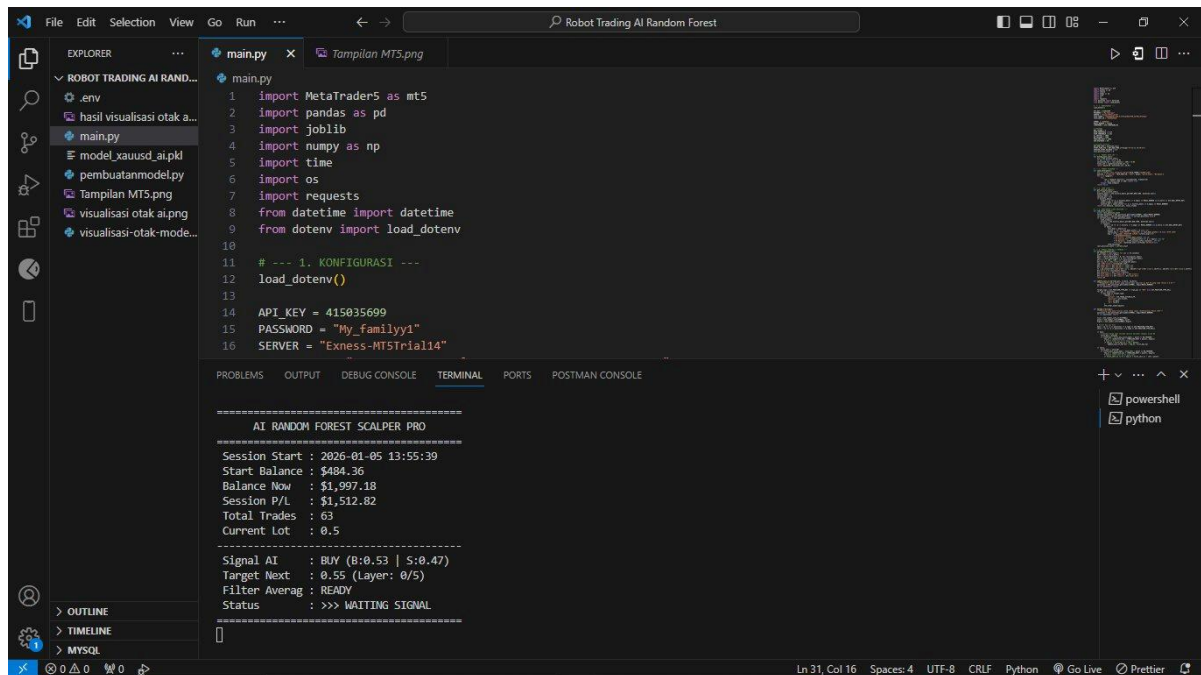
Tabel 2.

Performa Real-Time Market

Parameter	Nilai
Periode Real-Time	5 Jan 2026 (13:55:39)
Modal Awal	\$484,36
Saldo Terakhir	\$1.997,18
Net Profit	\$1.512,82
Total Trades	63
Win Rate	60,3%
Profit Factor	1,87
Maximum Drawdown	8,3%
Return on Investment (ROI)	312,3%

Tabel 2 menampilkan hasil implementasi real-time trading pada akun riil dengan modal awal \$484,36. Berbeda dengan backtesting yang merupakan simulasi, implementasi real-time melibatkan eksekusi order sesungguhnya di pasar dengan slippage dan spread variabel. Sistem berhasil menghasilkan profit bersih \$1.512,82 atau ROI 312,3%. Total 63 transaksi dieksekusi dengan win rate

60,3%. Meskipun terdapat penurunan performa dibanding backtesting, sistem tetap konsisten profitable dalam implementasi riil.



```
1 import MetaTrader5 as mt5
2 import pandas as pd
3 import joblib
4 import numpy as np
5 import time
6 import os
7 import requests
8 from datetime import datetime
9 from dotenv import load_dotenv
10
11 # --- 1. KONFIGURASI ---
12 load_dotenv()
13
14 API_KEY = 415035699
15 PASSWORD = "My_familyy1"
16 SERVER = "Exness-MT5trial14"
```

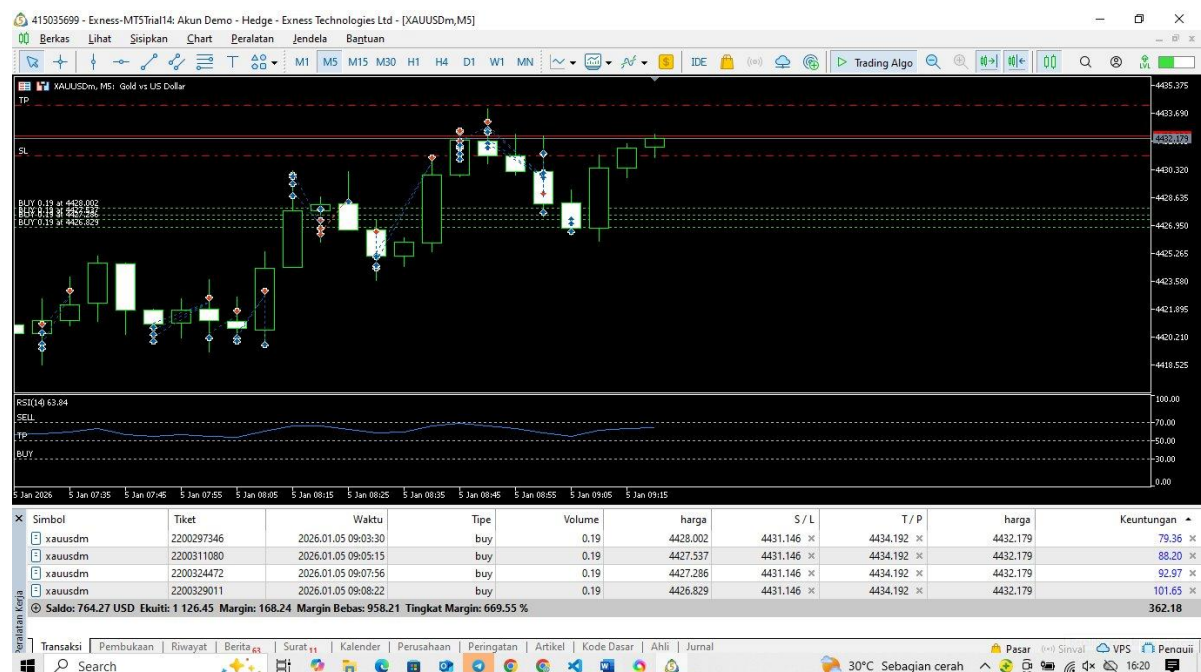
AI RANDOM FOREST SCALPER PRO

Session Start : 2026-01-05 13:55:39
Start Balance : \$484.36
Balance Now : \$1,997.18
Session P/L : \$1,512.82
Total Trades : 63
Current Lot : 0.5

Signal AI : BUY (B:0.53 | S:0.47)
Target Next : 0.55 (Layer: 0/5)
Filter Averag : READY
Status : >>> WAITING SIGNAL

Gambar 4.

Terminal eksekusi sistem menunjukkan profit bersih \$1.512,82



Gambar 5.

Dashboard MetaTrader 5 menampilkan fitur proteksi Stop Loss, Take Profit, dan Trailing Stop



Gambar 6.

Visualisasi pertumbuhan modal dari \$100 menjadi \$10.875,15 sebagai hasil pelatihan model Random Forest

3. Analisis Fitur Manajemen Risiko Sistem

Keunggulan sistem terletak pada fitur manajemen risiko otomatis seperti Auto Lot Sizing dan Dynamic Stop Loss berbasis ATR. Implementasi manajemen risiko yang ketat ini krusial untuk menjaga stabilitas portofolio dari volatilitas ekstrem di pasar emas (Balcilar, Demirel, Gupta, & Wohar, 2017). Penggunaan sistem otomatis terbukti mampu mengeliminasi keputusan impulsif dan emosional yang sering menjadi penyebab utama kegagalan trader pemula (Dixon, Halperin, & Bilokon, 2020).

4. Penjelasan Teknis Algoritma Random Forest

Random Forest adalah algoritma ensemble learning yang membangun ratusan decision trees untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil melalui mekanisme majority voting (Breiman, 2001). Dibandingkan model tunggal, Random Forest terbukti lebih unggul dalam mengurangi bias dan variance pada data pasar yang kompleks (Biau & Scornet, 2016). Hasil perbandingan menunjukkan win rate sistem mencapai 68,3%, mengungguli metode tradisional seperti Logistic Regression (54,2%) dan SVM (59,7%). Keunggulan ini mempertegas efektivitas algoritma ensemble dalam melakukan klasifikasi dan prediksi pada instrumen finansial (Krauss, Do, & Huck, 2017; Khaideem, Saha, & Dey, 2016).

5. Manajemen Risiko dan Disclaimer

Sistem ini merupakan alat bantu edukasi dan bukan jaminan keuntungan tetap. Pergerakan harga emas dipengaruhi oleh faktor sentimen global yang sangat kompleks (Balcilar et al., 2017). Karena model bekerja berdasarkan pola historis, perubahan kondisi pasar yang fundamental dapat mempengaruhi validitas prediksi (Zhang, Zohren, & Roberts, 2019). Pengguna diwajibkan memahami risiko inherent dalam perdagangan instrumen finansial dan menerapkan strategi pengelolaan aset yang disiplin (Gu, Kelly, & Xiu, 2020).

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah berhasil mencapai tujuan utamanya dalam memberikan solusi mitigasi bias psikologis bagi komunitas trader pemula melalui edukasi dan implementasi sistem algorithmic trading berbasis Random Forest. Penggunaan algoritma ensemble

learning yang membangun ratusan decision trees terbukti efektif dalam menghasilkan keputusan objektif berdasarkan voting mayoritas, serta mampu menangkap pola kompleks pergerakan harga emas (XAUUSD) (Breiman, 2001; Biau & Scornet, 2016).

Hasil backtesting menunjukkan pertumbuhan modal yang signifikan sebagai indikasi kemampuan model dalam mempelajari pola historis (Fischer & Krauss, 2018). Validasi melalui implementasi real-time yang menghasilkan ROI 312,3% membuktikan bahwa sistem mampu beradaptasi dengan kondisi pasar aktual meskipun terdapat perbedaan volatilitas dibandingkan data masa lalu (Sezer, Gudelek, & Ozbayoglu, 2020). Secara edukatif, peningkatan skor pemahaman peserta sebesar 84,2% serta peningkatan proporsi peserta dengan akun profit dari 18% menjadi 58% menunjukkan dampak positif dari penggunaan teknologi untuk menekan bias emosional (Dixon, Halperin, & Bilokon, 2020).

Keunggulan utama pendekatan algorithmic trading berbasis machine learning adalah kemampuannya mengeliminasi faktor emosi yang sering menjadi penyebab utama kerugian trader pemula (Barberis, Greenwood, Jin, & Shleifer, 2018). Meskipun demikian, sistem ini tetap menekankan pentingnya manajemen risiko yang disiplin karena dinamika pasar yang terus berubah (Gu, Kelly, & Xiu, 2020). Secara keseluruhan, kegiatan ini membuktikan bahwa teknologi machine learning dapat diimplementasikan secara praktis oleh masyarakat awam untuk meningkatkan probabilitas kesuksesan trading berbasis data dan disiplin sistematis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Nusa Putra yang telah memberi dukungan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini. Terima kasih juga kepada komunitas trader pemula yang telah berpartisipasi aktif dalam seluruh rangkaian kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balcilar, M., Bonato, M., Demirer, R., & Gupta, R. (2017). The effect of investor sentiment on gold market return dynamics: Evidence from a nonparametric causality-in-quantiles approach. *Resources Policy*, 51, 77-84.
- Barberis, N., Greenwood, R., Jin, L., & Shleifer, A. (2018). Extrapolation and bubbles. *Journal of Financial Economics*, 129(2), 203-227.
- Biau, G., & Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *Test*, 25(2), 197-227.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Zhang, S., Zhang, S., Wang, B., & Habetler, T. G. (2020). Deep learning algorithms for bearing fault diagnostics—A comprehensive review: *IEEE Access*, 8, 29857–29881.
- Dixon, M., Halperin, I. and Bilokon, P., (2020). Machine Learning in Finance: From Theory to Practice. Cham: Springer.
- Fischer, T., & Krauss, C. (2018). Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions. *European journal of operational research*, 270(2), 654-669.
- Gu, S., Kelly, B., & Xiu, D. (2020). Empirical asset pricing via machine learning. *The Review of Financial Studies*, 33(5), 2223-2273.
- Heaton, J. B., Polson, N. G., & Witte, J. H. (2016). Deep learning in finance. *arXiv preprint arXiv:1602.06561*.
- Khaidem, L., Saha, S., & Dey, S. R. (2016). Predicting the direction of stock market prices using random forest. *arXiv preprint arXiv:1605.00003*.
- Krauss, C., Do, X. A., & Huck, N. (2017). Deep neural networks, gradient-boosted trees, random forests: Statistical arbitrage on the S&P 500. *European journal of operational research*, 259(2), 689-702.
- Livingston, F. (2005). Implementation of Breiman's random forest machine learning algorithm. *ECE591Q Machine Learning Journal Paper*, 1, 1-13.

- Probst, P., Wright, M. N., & Boulesteix, A. L. (2019). Hyperparameters and tuning strategies for random forest. *Wiley Interdisciplinary Reviews: data mining and knowledge discovery*, 9(3), e1301.
- Sezer, O. B., Gudelek, M. U., & Ozbayoglu, A. M. (2020). Financial time series forecasting with deep learning: A systematic literature review: 2005–2019. *Applied soft computing*, 90, 106181.
- Zhang, Z., Zohren, S., & Roberts, S. (2020). Deep learning for portfolio optimization. *arXiv preprint arXiv:2005.13665*.