

**PERBANDINGAN METODE *MARKOV WEIGHTED
FUZZY TIME SERIES* DENGAN *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION* DAN *CAT AND MOUSE BASED
OPTIMIZER* PADA PERAMALAN HARGA ETHEREUM**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Matematika**



Intelligentia - Dignitas

Ilham Hargo Sujanto

1305622030

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Perbandingan Metode *Markov Weighted Fuzzy Time Series* dengan
Particle Swarm Optimization dan *Cat and Mouse Based Optimizer* pada
Peramalan Harga Ethereum

Nama : Ilham Hargo Sujanto

NIM : 1305622030

Penanggung Jawab

Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.
NIP. 197909162005011004

Nama

Tanda Tangan

Tanggal



10-08-2026

Wakil Penanggung Jawab

Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.
NIP. 197905042009122002

10-08-2026

Ketua : Dr. Yudi Mahatma, M.Si.
NIP. 197610202008121001

16-07-2026

Penguji Ahli : Dr. Lukita Ambarwati, S.Pd., M.Si.
NIP. 197210262001122001

22-07-2026

Sekretaris : Dr. Eti Dwi Wiraningsih, M.Si.
NIP. 198102032006042001

20-07-2026

Pembimbing I : Drs. Sudarwanto, M.Si., DEA
NIP. 196503251993031003

22-07-2026

Pembimbing II : Devi Eka Wardani M., S.Pd., M.Si.
NIP. 199005162019032014

16-07-2026

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal: 9 Juli 2026

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Ilham Hargo Sujanto
No. Registrasi : 1305622030
Program Studi : Matematika

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya susun dengan judul *"Perbandingan Metode Markov Weighted Fuzzy Time Series dengan Particle Swarm Optimization dan Cat and Mouse Based Optimizer pada Peramalan Harga Ethereum"* adalah:

1. Karya yang disusun dan diselesaikan secara mandiri oleh saya sendiri.
2. Bukan merupakan hasil penjiplakan, penggandaan, maupun pengambilalihan karya tulis milik pihak lain dalam bentuk apa pun. Seluruh sumber informasi dari karya penulis lain yang dipublikasikan dan dirujuk dalam skripsi ini telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 2 Juli 2026



Ilham Hargo Sujanto



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ilham Hargo Sujanto
NIM : 1305622030
Fakultas/Prodi : FMIPA / Matematika
Alamat email : ilhamhargo26@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Perbandingan Metode Markov Weighted Fuzzy Time Series dengan
Particle Swarm Optimization dan Cat and Mouse Based Optimizer
pada Peramalan Harga Ethereum.

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Penulis

(Ilham Hargo Sujanto)

ABSTRAK

ILHAM HARGO SUJANTO. Perbandingan metode *Markov Weighted Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization* dan *Cat and Mouse Based Optimizer* pada peramalan harga Ethereum. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. 2026.

Markov Weighted Fuzzy Time Series (MWFTS) merupakan metode peramalan yang menggabungkan konsep deret waktu *fuzzy* dengan model Markov. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja MWFTS yang dioptimalkan menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Cat and Mouse Based Optimizer* (CMBO) dalam memprediksi harga Ethereum. Kedua algoritma optimasi diterapkan untuk mengoptimalkan batas interval pada MWFTS. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa harga penutupan harian Ethereum periode 1 Januari 2025 hingga 31 Maret 2026 yang diperoleh dari id.investing.com. Dalam penelitian ini, data dibagi menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan 8:2, di mana seluruh proses optimasi dilakukan menggunakan data latih, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi akurasi prediksi model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PSO dan CMBO memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan MWFTS tanpa optimasi. Berdasarkan hasil perbandingan, optimasi MWFTS-CMBO memperoleh nilai MAE (172,02), MAPE (7,58%), dan RMSE (207,66) yang lebih baik dibandingkan dengan optimasi MWFTS-PSO, yang memiliki nilai MAE (191,47), MAPE (8,57%), dan RMSE (226,46). Hasil ini menunjukkan bahwa metode MWFTS-CMBO memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode MWFTS-PSO, saat diintegrasikan dengan metode MWFTS.

Kata kunci: optimalisasi, algoritma metaheuristik, mata uang kripto, batas interval, akurasi prediksi.

ABSTRACT

ILHAM HARGO SUJANTO. *Comparison of the Markov Weighted Fuzzy Time Series Method with Particle Swarm Optimization and Cat and Mouse Based Optimizer in Ethereum Prices Forecasting. Undergraduate Thesis. Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. 2026.*

Markov Weighted Fuzzy Time Series (MWFTS) is a forecasting method that combines the concept of fuzzy time series with the Markov model. This study aims to compare the performance of MWFTS optimized using Particle Swarm Optimization (PSO) and Cat and Mouse Based Optimizer (CMBO) for Ethereum price forecasting. Both optimization algorithms were employed to optimize the interval boundaries of the MWFTS model. The data used consisted of secondary data in the form of daily Ethereum closing prices from January 1, 2025, to March 31, 2026, obtained from id.investing.com. In this study, the data were divided into training and testing datasets with a ratio of 8:2, where the entire optimization process was performed using the training dataset, while the testing dataset was used to evaluate the prediction accuracy of the models. The results show that the application of PSO and CMBO improves the performance of MWFTS compared with the original MWFTS model without optimization. Based on the comparative results, the MWFTS-CMBO optimization achieves lower error values, with MAE (172.02), MAPE (7.58%), and RMSE (207.66), compared with MWFTS-PSO, which obtains MAE (191.47), MAPE (8.57%), and RMSE (226.46). These results indicate that MWFTS-CMBO provides more accurate forecasting results than MWFTS-PSO when integrated with the MWFTS method.

Keywords: optimization, metaheuristic algorithm, cryptocurrency, interval boundaries, prediction accuracy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Metode *Markov Weighted Fuzzy Time Series* dengan *Particle Swarm Optimization* dan *Cat and Mouse Based Optimizer* pada Prediksi Harga Ethereum” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Sudarwanto, M.Si., DEA. selaku Dosen Pembimbing I dan Pembimbing Akademik, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, nasihat, serta arahan dengan penuh dedikasi sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik dan terarah.
2. Ibu Devi Eka Wardani Meganingtyas, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan saran dan masukan dengan penuh kesabaran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Yudi Mahatma, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Matematika, serta seluruh Bapak/Ibu dosen dan staf Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta arahan selama masa perkuliahan.
4. Kedua orang tua penulis yang doanya tidak pernah berhenti, serta

selalu memberikan dukungan, motivasi, dan kasih sayang selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

5. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Matematika yang telah menemani, memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses perkuliahan maupun penyusunan skripsi ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekalian.

Jakarta, 2 Juli 2026

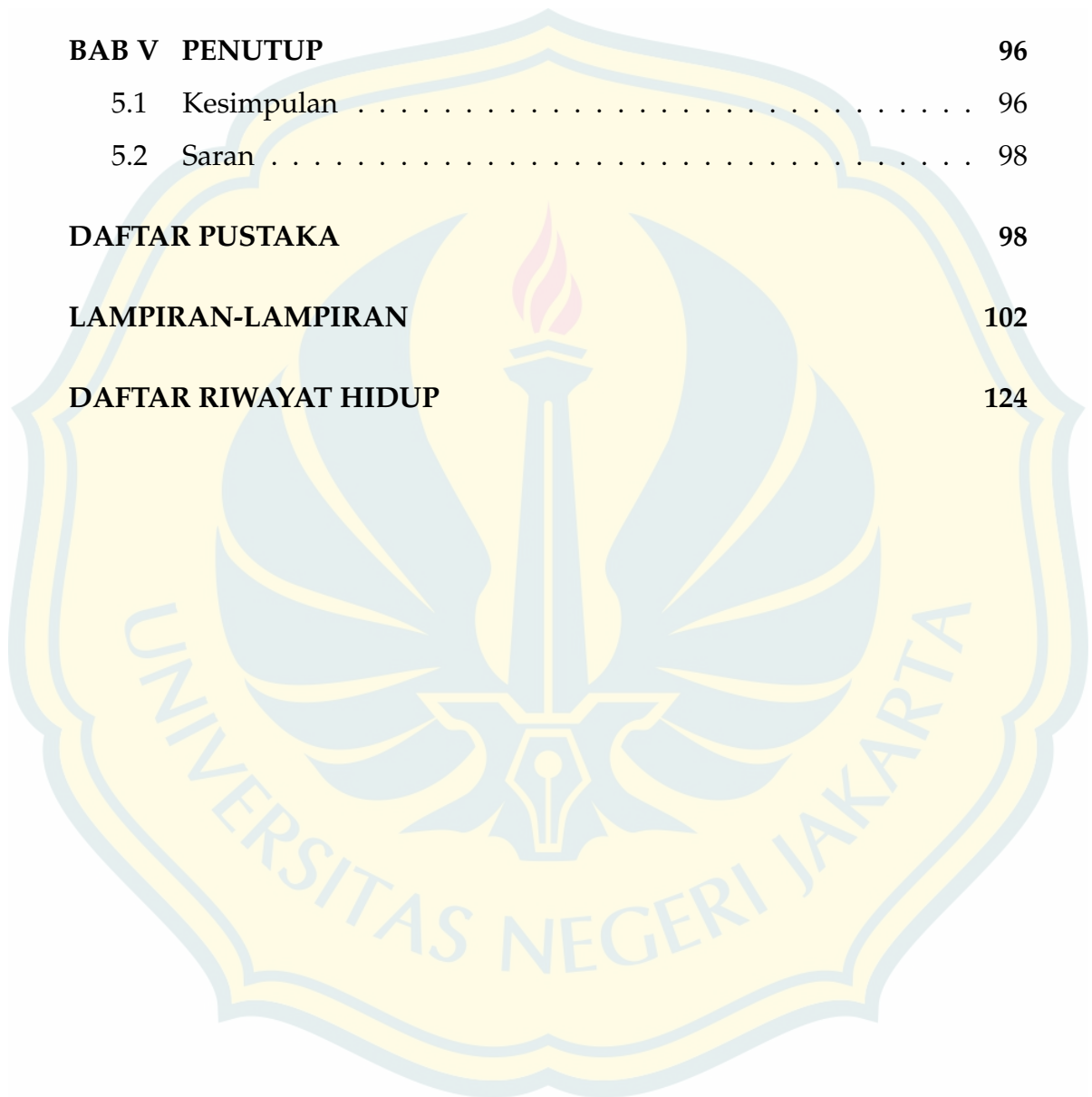
Ilham Hargo Sujanto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 <i>Blockchain</i>	7
2.2 Ethereum	8
2.3 Peramalan	10
2.3.1 Prosedur Peramalan	10
2.3.2 Jenis-jenis Pola Peramalan	11

2.3.3	Macam-macam Metode Peramalan	12
2.4	Deret Waktu	15
2.5	Metode <i>Clustering</i>	17
2.5.1	Jarak Euclid	17
2.5.2	<i>Fuzzy K-Medoids</i> (FKM)	19
2.5.3	<i>Silhouette Coefficient</i>	24
2.6	<i>Fuzzy Time Series</i>	27
2.6.1	Himpunan Fuzzy	27
2.6.2	<i>Fuzzifikasi</i>	28
2.6.3	<i>Defuzzifikasi</i>	31
2.7	Matriks Transisi Markov	32
2.8	<i>Markov Weighted Fuzzy Time Series</i>	33
2.9	Metode Optimasi Metaheuristik	36
2.9.1	<i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	36
2.9.2	<i>Cat and Mouse-Based Optimizer</i> (CMBO)	43
2.10	Evaluasi Peramalan	51
2.10.1	<i>Mean Absolute Error</i> (MAE)	51
2.10.2	<i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	51
2.10.3	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	51
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		53
3.1	Jenis dan Sumber Data	53
3.2	Metode Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		61
4.1	Pra-pemrosesan Data dan Deskripsi Data	61
4.2	Membangun Model MWFTS-FKM	64
4.2.1	Menentukan Jumlah Kluster	64
4.2.2	Hasil <i>Fuzzy K-Medoids</i>	65
4.2.3	Membentuk FLRG dan Matriks Transisi Markov	66
4.2.4	Peramalan <i>Markov Weighted Fuzzy Time Series</i>	71
4.3	Optimasi Batas Interval pada Model MWFTS	73

4.3.1	Penentuan Kandidat Solusi Awal	73
4.3.2	Optimasi Batas Interval Menggunakan PSO	75
4.3.3	Optimasi Batas Interval Menggunakan CMBO	84
4.4	Analisis Perbandingan Hasil Prediksi	92
4.5	Analisis Matriks Transisi Markov	93
BAB V	PENUTUP	96
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN-LAMPIRAN		102
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		124



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Probabilitas Keberhasilan Penyerang	8
Tabel 2.2	Contoh Data Deret Waktu	16
Tabel 2.3	Interpretasi Nilai <i>Silhouette Coefficient</i>	25
Tabel 2.4	Interpretasi Nilai MAPE	52
Tabel 3.1	Data Historis Harga ETH/USD	54
Tabel 4.1	Data Historis Harga Penutupan ETH/USD	61
Tabel 4.2	Statistik Deskriptif Harga Penutupan Ethereum	62
Tabel 4.3	Medoids Hasil dari <i>Fuzzy K-Medoids</i>	66
Tabel 4.4	Batas Interval Berdasarkan Klaster FKM	67
Tabel 4.5	Hasil Fuzzifikasi Data Latih	68
Tabel 4.6	Fuzzy Logical Relationship Group	69
Tabel 4.7	Matriks Frekuensi Transisi Berdasarkan Interval FKM	69
Tabel 4.8	Nilai Evaluasi Berdasarkan Jumlah Kandidat Solusi	73
Tabel 4.9	Inisialisasi Partikel PSO	76
Tabel 4.10	Inisialisasi Kecepatan Awal Partikel	77
Tabel 4.11	Hasil Evaluasi Partikel PSO pada Iterasi ke-1	80
Tabel 4.12	Hasil Evaluasi Partikel PSO pada Iterasi Terakhir	81
Tabel 4.13	Batas Interval Optimal Hasil Optimasi PSO	82
Tabel 4.14	Matriks Frekuensi Transisi Berdasarkan Interval PSO	82
Tabel 4.15	Inisialisasi Agen Pencari CMBO	84
Tabel 4.16	Populasi Tikus pada CMBO	85
Tabel 4.17	Populasi Kucing pada CMBO	85
Tabel 4.18	Hasil Evaluasi Agen CMBO pada Iterasi ke-1	88
Tabel 4.19	Hasil Evaluasi Agen CMBO pada Iterasi Terakhir	89
Tabel 4.20	Batas Interval Optimal Berdasarkan CMBO	90

Tabel 4.21 Matriks Frekuensi Transisi Berdasarkan Interval CMBO	90
Tabel 4.22 Perbandingan Akurasi Prediksi pada Data Uji	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola musiman, horizontal, tren, dan siklis.	12
Gambar 2.2	Contoh Grafik Deret Waktu	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	59
Gambar 3.2	Diagram Alir MWFTS-PSO dan MWFTS-CMBO	60
Gambar 4.1	Grafik Harga Penutupan Ethereum (ETH/USD)	63
Gambar 4.2	Q-Q Plot Uji Normalitas Data Harga Ethereum	63
Gambar 4.3	Perbandingan <i>Silhouette Coefficient</i> untuk Berbagai Klaster	65
Gambar 4.4	Grafik Data Aktual dan Hasil Prediksi MWFTS-FKM .	72
Gambar 4.5	Grafik Data Aktual dan Hasil Prediksi MWFTS-PSO .	83
Gambar 4.6	Grafik Data Aktual dan Hasil Prediksi MWFTS-CMBO	91
Gambar 4.7	Perbandingan Hasil Prediksi dengan Data Aktual . .	92