



SKRIPSI

IMPLEMENTASI *HYBRID* ARIMAX-GRU UNTUK PREDIKSI HARGA EMAS ANTAM DI INDONESIA

ARMALIA KUSUMA PUTRI
NPM 22083010004

DOSEN PEMBIMBING
Trimono, S.Si., M.Si.
Muhammad Nasrudin, M.Stat.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI *HYBRID* ARIMAX-GRU UNTUK PREDIKSI HARGA EMAS ANTAM DI INDONESIA

Oleh:
ARMALIA KUSUMA PUTRI
NPM. 22083010004

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada Tanggal 01 September 2026:

Menyetujui,

Trimono, S.Si., M.Si.

NIP. 19950908 202203 1 003


.....

(Pembimbing I)

Muhammad Nasrudin, M.Stat.

NIP. 19960909 202406 1 002


.....

(Pembimbing II)

Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S.

NIP. 19950723 202406 1 002


.....

(Ketua Penguji)

Wahyu Syaifullah J. S, S.Kom., M.Kom.

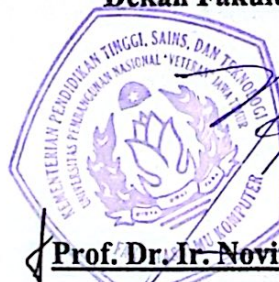
NIP. 19860825 202121 1 003


.....

(Penguji I)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.

NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**IMPLEMENTASI *HYBRID* ARIMAX-GRU UNTUK PREDIKSI HARGA
EMAS ANTAM DI INDONESIA**

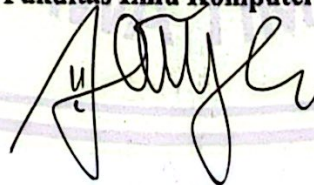
Oleh:

**ARMALIA KUSUMA PUTRI
NPM. 22083010004**

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi

Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer**



Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S.

NIP. 19950723 202406 1 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Armalia Kusuma Putri
NPM : 22083010004
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya, 14 September 2026
Yang Membuat Pernyataan,



ARMALIA KUSUMA PUTRI
NPM. 22083010004

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Armalia Kusuma Putri / 22083010004
Judul Skripsi : Implementasi *Hybrid* ARIMAX-GRU Untuk
Prediksi Harga Emas Antam di Indonesia
Dosen Pembimbing : 1. Trimono, S.Si., M.Si.
2. Muhammad Nasrudin, M.Stat.

Harga emas merupakan salah satu instrumen investasi yang memiliki nilai penting dalam menghadapi ketidakpastian ekonomi, tetapi pergerakannya cenderung fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor ekonomi. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pengembangan metode prediksi yang dapat memodelkan pola perubahan harga secara lebih baik sebagai dasar penyediaan informasi prediksi harga emas. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan model *Hybrid* ARIMAX-GRU untuk memprediksi harga emas Antam di Indonesia serta membandingkan kinerjanya dengan model ARIMAX sebagai *baseline*. Data yang digunakan meliputi harga emas Antam, kurs, dan suku bunga pada periode April 2016–Desember 2025 dengan 3.562 observasi. Metode penelitian meliputi prapemrosesan data, pengujian stasioneritas menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), pemodelan ARIMAX, pengujian *residual*, pembentukan *sequence*, pemodelan *residual* menggunakan *Gated Recurrent Unit* (GRU), dan penggabungan hasil prediksi ARIMAX dengan prediksi *residual* GRU. Pendekatan *hybrid* menggabungkan ARIMAX untuk memodelkan pola linear dan variabel eksogen dengan GRU untuk memodelkan pola yang masih terdapat pada *residual*. Evaluasi dilakukan menggunakan RMSE, MAE, dan MAPE dengan skema *rolling one-step-ahead*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ARIMAX menghasilkan RMSE sebesar Rp43.275,73, MAE sebesar Rp16.195,22, dan MAPE sebesar 0,751%, sedangkan *Hybrid* ARIMAX-GRU menghasilkan RMSE sebesar Rp40.449,14, MAE sebesar Rp15.213,46, dan MAPE sebesar 0,721%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Hybrid* ARIMAX-GRU memiliki tingkat kesalahan prediksi lebih rendah dibandingkan ARIMAX. Model kemudian diimplementasikan dalam sistem GUI untuk mendukung proses prediksi, visualisasi, dan evaluasi historis secara interaktif.

Kata Kunci: ARIMAX, GRU, Harga Emas, *Hybrid* ARIMAX-GRU, Prediksi Deret Waktu

ABSTRACT

Student Name / NPM : Armalia Kusuma Putri / 22083010004
Undergraduate thesis : *Implementation of Hybrid ARIMAX-GRU for Antam Gold Price Prediction in Indonesia*
Advisors : 1. Trimono, S.Si., M.Si.
2. Muhammad Nasrudin, M.Stat.

Gold prices are an investment instrument of significant value in the face of economic uncertainty, but their movements tend to be volatile and influenced by various economic factors. These conditions highlight the importance of developing forecasting methods that can better model price change patterns as a basis for providing gold price forecasts. This study aims to implement a Hybrid ARIMAX-GRU model to forecast Antam gold prices in Indonesia and compare its performance with the ARIMAX model as a baseline. The data used include Antam gold prices, exchange rates, and interest rates for the period April 2016–December 2025, comprising 3,562 observations. The research methods include data preprocessing, stationarity testing using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test, ARIMAX modeling, residual testing, sequence formation, residual modeling using a Gated Recurrent Unit (GRU), and combining the ARIMAX forecast results with the GRU residual forecast. The hybrid approach combines ARIMAX to model linear patterns and exogenous variables with GRU to model patterns still present in the residuals. Evaluation was conducted using RMSE, MAE, and MAPE with a one-step-ahead rolling scheme. Test results show that ARIMAX yields an RMSE of Rp43,275.73, an MAE of Rp16,195.22, and a MAPE of 0.751%, while the Hybrid ARIMAX-GRU yields an RMSE of Rp40,449.14, an MAE of Rp15,213.46, and a MAPE of 0.721%. These results indicate that the Hybrid ARIMAX-GRU model has a lower prediction error rate than ARIMAX. The model was then implemented in a GUI system to support interactive prediction, visualization, and historical evaluation processes.

Keywords: *ARIMAX, GRU, Gold Prices, Hybrid ARIMAX-GRU, Time Series Forecasting.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“Implementasi *Hybrid* ARIMAX-GRU Untuk Prediksi Harga Emas Antam di Indonesia”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Trimono selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Muhammad Nasrudin selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Selain itu, selama penyusunan skripsi penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Almarhumah Ibu penulis dan keluarga tercinta, yang selalu menjadi bagian terpenting dalam perjalanan hidup penulis. Terima kasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang tidak ternilai. Meskipun almarhumah Ibu tidak dapat menyaksikan secara langsung selesainya skripsi ini, segala kasih sayang, nasihat, dan kebaikan yang telah diberikan akan selalu menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus melangkah. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai bentuk cinta dan terima kasih yang mungkin tidak akan pernah cukup untuk membalas segala yang telah diberikan. Bu, akhirnya aku sampai di titik ini. Semoga dari tempat terbaikmu, Ibu dapat melihat bahwa anakmu telah berusaha dan berhasil menyelesaikannya.
2. Diri sendiri, yang telah berjuang melewati setiap proses hingga sampai pada titik ini. Terima kasih karena telah bertahan di saat semuanya terasa begitu berat, tetap melangkah di tengah rasa lelah, takut, dan keraguan, serta tidak menyerah meskipun berkali-kali merasa ingin berhenti. Terima kasih telah memilih untuk tetap bertahan dan menyelesaikan apa yang telah dimulai. Skripsi ini menjadi bukti bahwa setiap air mata, doa, dan perjuangan yang pernah dilalui tidak pernah sia-sia. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Akhirnya, kamu berhasil sampai di titik ini.

3. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT., IPU, selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Bapak Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S., selaku Koordinator Program Studi Sains Data.
6. Bapak Trimono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penulisan skripsi ini
7. Bapak Muhammad Nasrudin, M.Stat., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penulisan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Sains Data UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu pengetahuan serta kontribusi berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Setiap bantuan, doa, perhatian, dan kebaikan yang diberikan memiliki arti tersendiri bagi penulis dan turut mengantarkan penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 14 September 2026

Armalia Kusuma Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Penelitian Terdahulu.....	9
2.2. Kerangka Teori	13
2.2.1. Harga Emas.....	14
2.2.2. Kurs	15

2.2.3.	Suku Bunga	15
2.2.4.	<i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	17
2.2.5.	<i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX)</i>	18
2.2.6.	<i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	24
2.2.7.	<i>Hybrid ARIMAX-GRU</i>	28
2.2.8.	Metrik Evaluasi	32
2.2.9.	Streamlit Python.....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1.	Variabel Penelitian dan Sumber Data	35
3.2	Langkah Analisis.....	36
3.3	Desain Sistem.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		55
4.1.	Hasil Penelitian	55
4.1.1	Pengumpulan Data	55
4.1.2	Pra-pemrosesan Data.....	56
4.1.3	Pembagian Data	61
4.1.4	Uji <i>Stasioner</i>	62
4.1.5	Pemodelan ARIMAX.....	63
4.1.6	Pengujian Model ARIMAX	76
4.1.7	<i>Residual</i> ARIMAX	77
4.1.8	Pembentukan Dataset untuk Pemodelan GRU.....	78
4.1.9	Pemodelan GRU	80
4.1.10	<i>Hybrid ARIMAX-GRU</i>	86
4.1.11	<i>Rolling-Origin Validation</i>	87
4.1.12	Evaluasi dan Perbandingan Kinerja Model.....	90
4.1.13	Prediksi Harga Emas Periode Mendatang.....	96
4.2.	Tampilan Antarmuka (<i>Graphical User Interface</i>)	99
4.2.1	Halaman Utama Sistem Prediksi Harga Emas	99

4.2.2 Pengunggahan Data	100
4.2.3 Ringkasan Data.....	102
4.2.4 Tampilan Hasil Prediksi	103
4.2.5 Tabel Hasil Prediksi Harga Emas	104
4.2.6 Evaluasi Data Historis	105
4.2.7 Rincian Evaluasi Data Historis.....	106
BAB V PENUTUP	109
5.1. Kesimpulan.....	109
5.2 Saran Pengembangan.....	110
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2. Alur Kerja <i>Gated Recurrent Unit</i> (GRU)	24
Gambar 3.1. Langkah Analisis Penelitian.....	37
Gambar 3.2. Desain Sistem (GUI) Prediksi Harga Emas	50
Gambar 3.3. Skema GUI User dan Interface.....	51
Gambar 3.4. Menu Input Data	52
Gambar 3.5. Hasil Prediksi.....	53
Gambar 4.1. Penggabungan data	58
Gambar 4.2. Bar Chart Pembagian data.....	62
Gambar 4.3. Plot ACF	64
Gambar 4.4. Plot PACF	64
Gambar 4.5. Visualisasi Harga Aktual dan Prediksi ARIMAX	77
Gambar 4.6. Visualisasi <i>Residual</i> ARIMAX	78
Gambar 4.7. Grafik <i>Training Loss</i> dan <i>Validation Loss</i> Model GRU.....	85
Gambar 4.8. Visualisasi Perbandingan Hasil Prediksi ARIMAX dan <i>Hybrid</i>	93
Gambar 4.9. Halaman Utama Sistem Prediksi Harga Emas.....	100
Gambar 4.10. Proses Pengunggahan Data Harga Emas	101
Gambar 4.11. Proses Pengunggahan Data Kurs	101
Gambar 4.12. Proses Pengunggahan Data Suku Bunga	102
Gambar 4.13. Ringkasan Data	103
Gambar 4.14. Visualisasi Proyeksi Harga Emas	104
Gambar 4.15. Hasil Prediksi Harga Emas Periode Mendatang.....	105
Gambar 4.16. Tampilan Evaluasi Data Historis	106
Gambar 4.17. Rincian Evaluasi Data Historis	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1. Deskripsi Variabel Penelitian	35
Tabel 4.1. Dataset	56
Tabel 4.2. Hasil <i>Missing Value</i>	59
Tabel 4.3. Hasil Analisis Deskriptif	60
Tabel 4.4. Hasil Uji ADF	63
Tabel 4.5. Hasil Estimasi Parameter pada Setiap Kandidat Model ARIMAX	66
Tabel 4.6. Hasil Uji <i>Ljung-Box</i>	68
Tabel 4.7. Hasil Uji Normalitas	69
Tabel 4.8. Hasil Uji Heteroskedastisitas	70
Tabel 4.9. Hasil Keputusan Uji Asumsi Residual Model ARIMAX	71
Tabel 4.10. Nilai AIC Kandidat Model ARIMAX	73
Tabel 4.11. Hasil Estimasi Parameter Model ARIMAX (0,1,1)	74
Tabel 4.12. 5 Data Pelatihan Terakhir	75
Tabel 4.13. Data Aktual dan Data Prediksi ARIMAX	76
Tabel 4.14. Hasil Normalisasi Residual ARIMAX	79
Tabel 4.15. Kandidat Hyperparameter GRU	81
Tabel 4.16. Hasil Tuning Hyperparameter GRU	82
Tabel 4.17. Hasil Prediksi Residual	86
Tabel 4.18. Pembagian Data pada <i>Rolling-Origin Validation</i>	88
Tabel 4.19. Hasil <i>Rolling-Origin Validation</i>	88
Tabel 4.20. Hasil Prediksi Model ARIMAX dan <i>Hybrid</i> ARIMAX-GRU	91
Tabel 4.21. Perbandingan Kinerja Model	94
Tabel 4.22. Hasil Prediksi Periode Mendatang	97

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dataset	120
Lampiran 2. Kode Program Analisis	121
Lampiran 3. Kode <i>Script</i> GUI	159
Lampiran 4. LoA Jurnal	160

DAFTAR NOTASI

Y_t	:	Nilai deret waktu pada periode ke- t
Y_{t-i}	:	Nilai deret waktu pada periode ke- $t - i$
$\hat{Y}_t$	:	Nilai prediksi harga emas pada periode ke- t
ε_t	:	<i>Residual</i>
e_t	:	<i>Residual</i> pada periode ke- t
$\hat{e}_t$	:	Prediksi <i>residual</i> pada periode ke- t oleh GRU
X_t	:	Variabel eksogen pada periode ke- t
β	:	Koefisien regresi variabel eksogen
β_1	:	Koefisien regresi variabel kurs
β_2	:	Koefisien regresi variabel suku bunga
ϕ_i	:	Koefisien <i>autoregressive</i> ke- i
θ_j	:	Koefisien <i>moving average</i> ke- j
B	:	Operator <i>Backshift</i>
Δ	:	Operator <i>differencing</i>
$\Phi(B)$	:	Polinomial <i>autoregressive</i>
$\Theta(B)$	:	Polinomial <i>moving average</i>
L	:	Nilai maksimum <i>log-likelihood</i>
k	:	Jumlah parameter yang diestimasi
Q	:	Statistik uji <i>Ljung–Box</i>
m	:	Jumlah lag yang diuji
JB	:	Statistik uji <i>Jarque–Bera</i>
S_k	:	Skewness <i>residual</i>
K_k	:	Kurtosis <i>residual</i>
p	:	Orde <i>autoregresif</i>
d	:	Orde <i>differencing</i>
q	:	Orde <i>moving average</i>

h_t	:	<i>Hidden state</i>
z_t	:	<i>Update gate</i>
r_t	:	<i>Reset gate</i>
$\tilde{h}_t$	:	<i>Kandidate hidden state</i>
h_{t-1}	:	<i>Hidden state pada waktu sebelumnya</i>
x_t	:	<i>Input GRU pada waktu ke- t</i>
W_z	:	<i>Matriks bobot input pada update gate</i>
U_z	:	<i>Matriks bobot hidden state pada update gate</i>
W_r	:	<i>Matriks bobot input pada reset gate</i>
U_r	:	<i>Matriks bobot hidden state pada reset gate</i>
W_h	:	<i>Matriks bobot input pada candidate hidden state</i>
U_h	:	<i>Matriks bobot hidden state pada candidate hidden state</i>
ω	:	<i>Window size</i>
σ	:	<i>Fungsi aktivasi sigmoid</i>
y_t	:	<i>Nilai aktual pada waktu ke- t</i>
$\hat{y}_t$	:	<i>Nilai prediksi pada waktu ke- t</i>