



SKRIPSI

MODEL *HYBRID VECTOR AUTOREGRESSIVE-NEURAL NETWORK* (VAR-NN) UNTUK PREDIKSI NILAI EKSPOR MIGAS INDONESIA BERDASARKAN HARGA MINYAK DUNIA DAN NILAI TUKAR (KURS)

MEI DINA PUTRI NADHIFAH
NPM 22083010089

DOSEN PEMBIMBING

Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.
Shindi Shella May Wara, 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

MODEL *HYBRID VECTOR AUTOREGRESSIVE-NEURAL NETWORK* (VAR-NN) UNTUK PREDIKSI NILAI EKSPOR MIGAS INDONESIA BERDASARKAN HARGA MINYAK DUNIA DAN NILAI TUKAR (KURS)

Oleh:
MEI DINA PUTRI NADHIFAH
NPM. 22083010089

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada tanggal 11 Juni 2026:

Menyetujui,

Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat.
NIP. 19940802 202203 2 015


..... (Pembimbing I)

Shindi Shella May Wara, M. Stat.
NIP. 19960518 202406 2 003


..... (Pembimbing II)

Wahyu Syaifullah J. S, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19860825 202121 1 003


..... (Ketua Penguji)

Kartika Maulida Hindrayani, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19920909 202203 2 009


..... (Penguji I)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer


Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**MODEL HYBRID VECTOR AUTOREGRESSIVE-NEURAL NETWORK
(VAR-NN) UNTUK PREDIKSI NILAI EKSPOR MIGAS INDONESIA
BERDASARKAN HARGA MINYAK DUNIA DAN NILAI TUKAR (KURS)**

Oleh:
MEI DINA PUTRI NADHIFAH
NPM. 22083010089

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi



Menyetujui,
Plt. Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer

Dr. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT.
NIP. 19700619 2021211 009

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Mei Dina Putri Nadhifah
NPM : 22083010089
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, 11 Juni 2026
Yang Membuat Pernyataan,



MEI DINA PUTRI NADHIFAH
NPM. 22083010089

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Mei Dina Putri Nadhifah / 22083010089
Judul Skripsi : Model *Hybrid Vector Autoregressive-Neural Network* (VAR-NN) Untuk Prediksi Nilai Ekspor Migas Indonesia Berdasarkan Harga Minyak Dunia dan Nilai Tukar (Kurs)
Dosen Pembimbing : 1. Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat
2. Shindi Shella May Wara, M. Stat.

Perubahan harga minyak dunia dan fluktuasi nilai tukar (kurs) memiliki dampak besar terhadap nilai ekspor minyak dan gas bumi (migas) Indonesia yang menjadi salah satu sumber vital penerimaan negara. Tingginya volatilitas kedua faktor tersebut menciptakan ketidakpastian dalam proyeksi pendapatan negara. Selain itu, karakteristik data yang mengandung *noise* tinggi dan pola nonlinear menyebabkan prediksi nilai ekspor migas sulit dilakukan secara akurat menggunakan model konvensional berbasis linear. Penelitian ini mengusulkan model *hybrid* VAR-NN dengan integrasi teknik *Rolling Window Smoothing* sebagai pra-pemrosesan untuk mereduksi *noise* dan memperjelas pola tren data. Model VAR menangkap hubungan linear antar variabel, sedangkan *Neural Network* memodelkan pola nonlinear pada residual VAR. Data mencakup periode Januari 2000 hingga Agustus 2025 bersumber dari BPS, World Bank, dan investing.com dengan total 296 observasi bulanan. *Lag* optimal VAR ditentukan melalui analisis PACF dan kriteria AIC menghasilkan spesifikasi VAR(13), sementara parameter Neural Network ditentukan melalui *Grid Search* dengan *Time Series Cross Validation*. Kinerja model dievaluasi menggunakan MSE, RMSE, dan MAPE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *hybrid* VAR-NN dengan *rolling window*=6 menghasilkan MAPE sebesar 6,76%, RMSE sebesar 105,30, dan MSE sebesar 11.089,81 seluruhnya lebih kecil dibandingkan model VAR tunggal (MAPE 6,92%, RMSE 108,36, MSE 11.742,29), membuktikan bahwa pendekatan *hybrid* mampu meningkatkan akurasi prediksi. Penelitian ini juga mengembangkan antarmuka berbasis Streamlit untuk visualisasi hasil prediksi secara interaktif.

Kata Kunci: *Ekspor Migas, Harga Minyak Dunia, Time Series, Vector Autoregressive (VAR), Neural Network (NN), Hybrid Model*

ABSTRACT

Student Name / NPM : Mei Dina Putri Nadhifah/ 22083010089
Undergraduate thesis title : *Hybrid Vector Autoregressive-Neural Network (VAR-NN) Model for Predicting Indonesian Oil and Gas Export Value Based on World Oil Prices and the Exchange Rate*
Advisors : 1. Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat
2. Shindi Shella May Wara, M. Stat.

Changes in world oil prices and exchange rate (kurs) fluctuations have a significant impact on Indonesia's oil and gas (migas) export value, which is one of the vital sources of state revenue. The high volatility of both factors creates uncertainty in state revenue projections. Furthermore, data characteristics containing high noise and nonlinear patterns make accurate prediction of oil and gas export values difficult using conventional linear-based models. This study proposes a hybrid VAR-NN model integrated with Rolling Window Smoothing as a pre-processing technique to reduce noise and clarify data trend patterns. The VAR model captures linear relationships between variables, while the Neural Network models nonlinear patterns in VAR residuals. Data covers the period January 2000 to August 2025 sourced from BPS, World Bank, and Investing.com with a total of 296 monthly observations. The optimal VAR lag was determined through PACF analysis and AIC criteria, resulting in a VAR(13) specification, while Neural Network parameters were determined through Grid Search with Time Series Cross Validation. Model performance was evaluated using MSE, RMSE, and MAPE. Results show that the hybrid VAR-NN model with rolling window=6 achieves a MAPE of 6.76%, RMSE of 105,30, and MSE of 11.089,81 all smaller than the standalone VAR model (MAPE 6.92%, RMSE 108.36, MSE 11,742.29), proving that the hybrid approach improves prediction accuracy. This study also develops a Streamlit-based interface for interactive visualization of prediction results.

Keywords: *Oil and Gas Export, World Oil Prices, Time Series, Vector Autoregressive (VAR), Neural Network (NN), Hybrid Model*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga proposal skripsi dengan judul “**Model Hybrid Vector Autoregressive-Neural Network (VAR-NN) Untuk Prediksi Nilai Ekspor Migas Indonesia Berdasarkan Harga Minyak Dunia dan Nilai Tukar (Kurs)**” dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Aviolla Terza Damaliana, S.Si., M.Stat. selaku Dosen Pembimbing I dan Shindi Shella May Wara, M. Stat. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Selain itu, selama penyusunan proposal skripsi penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa S.T. M.T., IPU selaku Koordinator Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
3. Dosen-dosen Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengalaman, serta motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan.
4. Orang tua tercinta, Bapak, Almarhumah Ibu dan Mama, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, motivasi, serta pengorbanan yang tiada henti kepada penulis. Terima kasih atas segala cinta, kepercayaan, dan semangat yang selalu mengiringi setiap langkah penulis hingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, perhatian, dukungan, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

6. Kekasihku yang selalu setia menemani, memberikan dukungan, motivasi, doa, serta menjadi tempat berbagi cerita dan semangat di setiap proses yang penulis lalui hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Sahabat-sahabat penulis, khususnya teman-teman Kerang Waring, Tamma Rebel, serta seluruh teman dan rekan seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi, canda tawa, dan semangat selama masa perkuliahan maupun dalam proses penyusunan 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, 11 Juni 2026

Penulis

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	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	9
1.3. Batasan Masalah	10
1.4. Tujuan Penelitian.....	10
1.5. Manfaat Penelitian.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Penelitian Terdahulu.....	13
2.2. Kerangka Teori	20
2.2.1. Ekspor Migas.....	20
2.2.2. Harga Minyak Dunia	21

2.2.3.	Nilai Tukar (Kurs).....	21
2.2.4.	<i>Data Time Series</i>	22
2.2.5.	Analisis Multivariat <i>Time Series</i>	23
2.2.6.	<i>Rolling Window Smoothing</i>	24
2.2.7.	Uji Stasioneritas	25
2.2.8.	Menentukan <i>Lag</i> Optimal	26
2.2.9.	Uji Kausalitas Granger	29
2.2.10.	Estimasi Parameter menggunakan <i>Ordinary Least Squares</i> (OLS) 30	
2.2.11.	Analisis Dinamik.....	32
2.2.12.	<i>Vector Autoregressive</i> (VAR)	33
2.2.13.	Uji Signifikansi Paramater	35
2.2.14.	Uji Stabilitas.....	37
2.2.15.	Uji Residual <i>White Noise</i>	38
2.2.16.	Uji Normalitas Residual	39
2.2.17.	Uji Heteroskedastisitas	40
2.2.18.	<i>Min-Max Scaler</i>	42
2.2.19.	<i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	42
2.2.20.	Algoritma <i>Backpropagation</i>	43
2.2.21.	Model <i>Hybrid Vector Autoregressive Neural Network</i>	47
2.2.22.	Evaluasi	49
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		51
3.1.	Variabel Penelitian dan Sumber Data	51
3.2.	Langkah Analisis.....	52
3.3.	Desain Sistem.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		61
4.1.	Hasil dan Pembahasan.....	61
4.1.1.	Pengumpulan dan Persiapan Data	61
4.1.1.1.	Pengumpulan Data	61

4.1.1.2.	Penggabungan Data	64
4.1.2.	Eksplorasi Data.....	66
4.1.2.1.	Statistika Deskriptif.....	66
4.1.2.2.	Visualisasi <i>Plot Time Series</i> Data.....	68
4.1.3.	Pra-pemrosesan Data	70
4.1.3.1.	<i>Rolling Window Smoothing</i>	71
4.1.3.2.	Pembagian Data (<i>Train-Test Split</i>).....	73
4.1.4.	Uji Stasioner (Uji ADF)	74
4.1.4.1.	<i>First Differencing</i>	75
4.1.5.	Penentuan <i>Lag</i> Optimal	77
4.1.5.1.	ACF dan PACF.....	77
4.1.5.2.	<i>Akaike Information Criterion</i> (AIC).....	79
4.1.6.	Uji Kausalitas Granger	80
4.1.7.	Model <i>Vector Autoregressive</i> (VAR)	83
4.1.7.1.	Model VAR untuk Nilai Ekspor Migas	84
4.1.7.2.	Model VAR untuk Harga Minyak Dunia	87
4.1.7.3.	Model VAR untuk Nilai Tukar (Kurs)	91
4.1.8.	Uji Signifikansi Parameter	94
4.1.8.1.	Uji T.....	94
4.1.8.2.	Uji F.....	95
4.1.9.	Uji Stabilitas	97
4.1.11.	Uji Diagnostik	101
4.1.11.1.	Uji <i>White Noise</i>	102
4.1.11.2.	Uji Normalitas Residual (Jarque-Bera)	104

4.1.11.3.	Uji Heteroskedastisitas.....	105
4.1.12.	Residual VAR	106
4.1.13.	Plot ACF dan PACF untuk <i>Residual Lagged Value</i>	108
4.1.14.	<i>Residual Lagged Value</i>	110
4.1.15.	Pemisahan Variabel dan Pembagian Data.....	112
4.1.15.1.	Pemisahan Variabel.....	112
4.1.15.2.	Pembagian Data (<i>Splitting Data</i>)	113
4.1.16.	Normalisasi Input	114
4.1.17.	Pemodelan <i>Neural Network</i>	116
4.1.18.	Prediksi Residual menggunakan NN	127
4.1.19.	<i>Forecasting Model VAR (Recursive Multistep Forecasting)</i>	129
4.1.20.	<i>Hybrid VAR-NN</i>	130
4.1.21.	Evaluasi Model.....	132
4.1.22.	<i>Forecasting 6 Periode ke Depan</i>	137
4.2.	Tampilan Antar Muka (<i>Graphical User Interface</i>).....	141
4.2.1.	<i>Home Page</i>	141
4.2.2.	<i>Upload Data</i>	142
4.2.3.	Eksplorasi Data	143
4.2.4.	Modeling dan <i>Forecasting</i>	144
BAB V PENUTUP.....		147
5.1.	Kesimpulan	147
5.2.	Saran Pengembangan	148
DAFTAR PUSTAKA		151
LAMPIRAN.....		157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Logo OPEC [33]	21
Gambar 2.2. Pola Data <i>Time Series</i> [38].....	23
Gambar 2.3. Model neuron buatan [28].....	43
Gambar 2.4. Arsitektur FFNN [69].....	44
Gambar 2.5. Grafik fungsi aktivasi sigmoid [70]	45
Gambar 2.6. Arsitektur Model VAR-NN [69].....	48
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 3.2. Sistem <i>User flow</i> GUI	57
Gambar 3.3. Rancangan Halaman <i>Dashboard</i>	58
Gambar 4.1. Plot Time Series Nilai Ekspor Migas.....	69
Gambar 4.2. Plot <i>Time Series</i> Harga Minyak	69
Gambar 4.3. Plot <i>Time Series</i> Kurs.....	70
Gambar 4.4. Plot Nilai Ekspor Migas (<i>Smoothed</i>).....	72
Gambar 4.5. Plot Harga Minyak (<i>Smoothed</i>).....	72
Gambar 4.6. Plot Kurs (<i>Smoothed</i>)	72
Gambar 4.7. Plot ACF PACF Nilai Ekspor Migas	78
Gambar 4.8. Plot ACF PACF Harga Minyak Dunia.....	78
Gambar 4.9. Plot ACF PACF Nilai Tukar (Kurs).....	78
Gambar 4.10. Plot Uji Stabilitas Model VAR(13).....	98
Gambar 4.11. Hasil Analisis IRF	100
Gambar 4.12. Plot ACF PACF Residual Nilai Ekspor Migas	109
Gambar 4.13. Plot ACF PACF Harga Minyak Dunia	109
Gambar 4.14. Plot ACF PACF Nilai Tukar	109
Gambar 4.15. Grafik <i>Training Loss</i> dan <i>Validation Loss</i> tiap Variabel	126
Gambar 4.16. Perbandingan Grafik VAR dan VAR-NN.....	136
Gambar 4.17. Tampilan <i>Home Page</i> Sistem Prediksi VAR-NN	141
Gambar 4.19. Tampilan Eksplorasi Data	143
Gambar 4.20. Tampilan Modeling (Model VAR)	144
Gambar 4.21. Tampilan Modeling (Model <i>Neural Network</i>)	145

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	13
Tabel 2.2. Penentuan Orde Model	28
Tabel 2.3. Kriteria MAPE	50
Tabel 3.1. Variabel Penelitian.....	51
Tabel 3.2. Struktur Data Penelitian.....	51
Tabel 3.3. Kombinasi Paramater.....	55
Tabel 4.1. Data Nilai Ekspor.....	63
Tabel 4.2. Data Harga Minyak Dunia.....	63
Tabel 4.3. Data Nilai Tukar (Kurs).....	64
Tabel 4.4. Penggabungan <i>Dataset</i> Penelitian	66
Tabel 4.5. Tabel Statistika Deskriptif	67
Tabel 4.6. Hasil Uji ADF	75
Tabel 4.7. Hasil <i>Differencing</i>	76
Tabel 4.8. Nilai AIC berdasarkan Kandidat <i>Lag</i>	80
Tabel 4.9. Hasil Uji Kausalitas Granger	82
Tabel 4.10. Model VAR Nilai Ekspor Migas	84
Tabel 4.11. Tabel Data Perhitungan Nilai_Ekspor	85
Tabel 4.12. Model VAR Harga Minyak Dunia	88
Tabel 4.13. Data Perhitungan OLS Harga_Minyak.....	88
Tabel 4.14. Model VAR Nilai Tukar	91
Tabel 4.15. Data Perhitungan OLS Kurs	92
Tabel 4.16. Hasil Uji F.....	96
Tabel 4.17. Hasil Uji <i>White Noise</i>	103
Tabel 4.18. Hasil Uji Normalitas Residual	104
Tabel 4.19. Hasil Uji Heteroskedastisitas	106
Tabel 4.20. Hasil Residual VAR.....	107
Tabel 4.21. Percobaan Kombinasi Paramater	125
Tabel 4.22. Hasil Prediksi Residual <i>Neural Network</i>	128
Tabel 4.23. Hasil Peramalan VAR (<i>Recursive Multistep</i>)	129

Tabel 4.24. Hasil Prediksi Model <i>Hybrid</i> VAR-NN	131
Tabel 4.25. Hasil Evaluasi Model pada <i>Rolling Window</i>	134
Tabel 4.26. Prediksi 6 Periode ke Depan	139

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dataset

Lampiran 2. Kode *Script* Program

Lampiran 3. Kode *Script* GUI

Lampiran 4. *Letter of Acceptance* (LoA) Publikasi Ilmiah

DAFTAR NOTASI

μ	:	rata-rata data
σ	:	Standar deviasi
$\hat{\phi}$	:	Estimasi koefisien autoregresi
$SE(\hat{\phi})$	:	Standar <i>error</i> dari estimasi koefisien autoregresi
$\hat{\sigma}_e^2$	:	Estimasi varians error modelestim
RSS	:	<i>Residual sum of squares</i>
k	:	Parameter yang diestimasi
$\varepsilon_{1,t}$	:	Kesalahan atau <i>error term</i>
SSE_R	:	<i>Sum of Square of Error</i> terbatas
SSE_{UR}	:	<i>Sum of Square of Error</i> tidak terbatas
p	:	Panjang lag
Γ	:	Matriks paramater dari model VAR
Φ_n	:	besarnya nilai paramater z ke n
Z_t	:	vektor variabel endogen pada waktu ke-t berukuran $m \times 1$
m	:	Banyak variabel endogen
f^0	:	fungsi aktivasi neuron pada lapisan output
w_{kj}	:	bobot neuron output ke-k dari neuron tersembunyi ke-j
f_j^h	:	fungsi aktivasi neuron ke-j pada lapisan tersembunyi
v_{j0}	:	bobot bias pada lapisan tersembunyi j
X_i	:	neuron input ke-i
v_{ji}	:	bobot neuron tersembunyi ke-j dari neuron input ke-i
w_{k0}	:	bobot bias pada lapisan output
W	:	bobot
b	:	bias
Y_t	:	vektor variabel endogen pada periode ke-t
p	:	Orde <i>lag</i>
β_0	:	Vektor <i>intercept</i> (konstanta)

ϵ_t	:	Vektor <i>error</i> (residual) pada periode ke-t
Y_{t-i}	:	Vektor variabel endogen pada lag ke-i
Y	:	vektor variabel dependen ($n \times 1$)
X	:	periode peramalan
β	:	vektor parameter ($k \times 1$)
e	:	vektor residual ($n \times 1$)
a_n	:	residual untuk observasi ke-n