



PERBANDINGAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*, ARIMA, *FUZZY TIME SERIES*, DAN *RANDOM FOREST* UNTUK PERAMALAN NILAI EKSPOR NONMIGAS INDONESIA

JONATHAN MARJONO



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Perbandingan Metode *Exponential Smoothing*, *ARIMA*, *Fuzzy Time Series*, dan *Random Forest* untuk Peramalan Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2025

Jonathan Marjono
G1401211064



ABSTRAK

JONATHAN MARJONO. Perbandingan Metode *Exponential Smoothing*, ARIMA, *Fuzzy Time Series*, dan *Random Forest* untuk Peramalan Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia. Dibimbing oleh MUHAMMAD NUR AIDI dan AULIA RIZKI FIRDAWANTI.

Perdagangan internasional berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional, termasuk melalui sektor ekspor nonmigas. Namun, fluktuasi nilai ekspor menuntut adanya metode peramalan yang andal untuk mendukung pengambilan keputusan strategis. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan membandingkan empat metode peramalan nilai ekspor nonmigas Indonesia, yaitu *exponential smoothing*, ARIMA, *Fuzzy Time Series* (FTS) model Saxena Easo, dan *random forest*. Data yang digunakan berupa data bulanan dari Januari 2012 hingga Desember 2024. Model yang dibangun meliputi *Holt's Double Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,4; \beta = 0,1$), ARIMA(0,1,1), FTS model Saxena Easo, dan *random forest* dengan fitur lag 1 dan 2. Perbandingan dilakukan melalui evaluasi kinerja model secara visual menggunakan plot deret waktu dan secara analitik melalui metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil menunjukkan bahwa *random forest* merupakan metode terbaik karena mampu mengikuti pola data secara visual dan menghasilkan nilai MAPE terendah pada data uji, yaitu 5,20%. *Holt's DES* dan ARIMA juga menunjukkan kinerja yang baik, sedangkan FTS Saxena Easo menunjukkan gejala *overfitting* sehingga kurang sesuai dengan karakteristik data ini. Temuan ini memberikan dasar dalam memilih metode peramalan yang tepat dan dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan lebih lanjut.

Kata kunci: ARIMA, ekspor nonmigas, *fuzzy time series*, peramalan, *random forest*



ABSTRACT

JONATHAN MARJONO. Comparison of Exponential Smoothing, ARIMA, Fuzzy Time Series, and Random Forest Methods for Forecasting Indonesia's Non-Oil and Gas Export Value. Supervised by MUHAMMAD NUR AIDI and AULIA RIZKI FIRDAWANTI.

International trade plays a crucial role in promoting national economic growth, including through the non-oil and gas export sector. However, fluctuations in export values require reliable forecasting methods to support strategic decision-making. This study aims to apply and compare four forecasting methods for Indonesia's non-oil and gas export values, namely exponential smoothing, ARIMA, the Fuzzy Time Series (FTS) Saxena Easo model, and random forest. The data used consists of monthly observations from January 2012 to December 2024. The models developed are Holt's Double Exponential Smoothing ($\alpha = 0,4$; $\beta = 0,1$), ARIMA(0,1,1), the FTS Saxena Easo model, and random forest using lag 1 and lag 2 features. Model performance was evaluated visually through time series plots and analytically using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) metric. The results indicate that random forest is the best-performing method as it effectively captures data patterns visually and produces the lowest MAPE on the test data, which is 5,20%. Holt's DES and ARIMA also showed good performance, while the FTS Saxena Easo model exhibited signs of overfitting and was therefore less suitable for the data. These findings provide a basis for selecting suitable forecasting methods and may serve as a reference for further development.

Keywords: ARIMA, forecasting, fuzzy time series, non-oil and gas export, random forest



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



PERBANDINGAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*, ARIMA, *FUZZY TIME SERIES*, DAN *RANDOM FOREST* UNTUK PERAMALAN NILAI EKSPOR NONMIGAS INDONESIA

JONATHAN MARJONO

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Laily Nissa Atul Mualifah, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Perbandingan Metode *Exponential Smoothing*, *ARIMA*, *Fuzzy Time Series*, dan *Random Forest* untuk Peramalan Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia

Nama : Jonathan Marjono

NIM : G1401211064

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S.

Pembimbing 2:

Aulia Rizki Firdawanti, S.Stat., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Bagus Sartono, S. Si., M.Si.

NIP 197804112005011002

Tanggal Ujian:
12 Juni 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya, sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian yang dilakukan sejak akhir Januari hingga April 2025 ini berfokus pada peramalan, dengan judul “Perbandingan Metode *Exponential Smoothing*, ARIMA, *Fuzzy Time Series*, dan *Random Forest* untuk Peramalan Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia”.

Penulisan karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir studi di Program Studi Statistika dan Sains Data, SSMI, IPB University. Selama proses penulisan tidak luput penulis memperoleh doa, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak, secara khusus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S. dan Ibu Aulia Rizki Firdawanti, S.Stat., M.Si., selaku dosen komisi pembimbing yang telah memberi bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan karya ilmiah ini;
2. Ibu Laily Nissa Atul Mualifah, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji luar yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan karya ilmiah ini;
3. Seluruh dosen dan tenaga pendidik program studi statistika dan sains data yang telah memberi ilmu yang bermanfaat dan menunjang segala kebutuhan penulis selama perkuliahan dan penyusunan karya ilmiah ini;
4. Orang tua dan seluruh anggota keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis;
5. Teman-teman statistika angkatan 58 yang senantiasa bersama-sama menyelesaikan tugas akhir, saling mendukung, dan menyemangati;
6. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan karya ilmiah ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan karya ilmiah ini belum sempurna dan terdapat beberapa keterbatasan. Terlepas dari hal tersebut, penulis berharap karya ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan serta memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang yang relevan.

Bogor, Mei 2025

Jonathan Marjono



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Peramalan Deret Waktu	3
2.2 Kekuatan Tren dan Musiman	3
2.3 <i>Exponential Smoothing</i>	4
2.4 <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i>	8
2.5 <i>Fuzzy Time Series (FTS)</i>	11
2.6 <i>Random Forest</i>	13
2.7 Evaluasi Model	16
III METODE	17
3.1 Data	17
3.2 Prosedur Analisis	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Eksplorasi Data	19
4.2 Pemodelan <i>Exponential Smoothing</i>	22
4.3 Pemodelan ARIMA	23
4.4 Pemodelan <i>Fuzzy Time Series</i> Saxena Easo	31
4.5 Pemodelan <i>Random Forest</i>	35
4.6 Validasi Model	36
V SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46
RIWAYAT HIDUP	55



DAFTAR TABEL

1	Metode <i>exponential smoothing</i>	7
2	Transformasi Box-Cox	9
3	Identifikasi model AR(p), MA(q), dan ARMA(p, q)	9
4	Kriteria nilai MAPE menurut Lewis (1982) dalam Puspita (2022)	16
5	Kombinasi <i>hyperparameter</i> pemulusan <i>Holt's</i> DES terbaik	22
6	<i>Holt's</i> DES dengan $\alpha = 0,4$ dan $\beta = 0,1$	22
7	Pendugaan parameter model tentatif	26
8	Perbandingan hasil <i>overfitting</i>	27
9	Pendugaan parameter model tentatif SARIMA	29
10	Hasil uji diagnostik terhadap model ARIMA(0,1,1)(0,0,1) ₁₂	30
11	Hasil uji diagnostik terhadap model ARIMA(3,1,0)(0,0,1) ₁₂	30
12	Persentase perubahan data historis	31
13	Interval dan frekuensi berdasarkan partisi persentase perubahan data historis	32
14	Subinterval dan nilai tengah persentase perubahan data historis	32
15	Hasil fuzzifikasi persentase perubahan data historis	33
16	<i>Fuzzy Logical Relationship</i> (FLR)	33
17	<i>Fuzzy Logical Relationship Group</i> (FLRG)	34
18	Defuzzifikasi data nilai ekspor nonmigas Indonesia	34
19	Skema fitur <i>lag input</i>	35
20	Inisialisasi <i>hyperparameter</i> untuk <i>grid search</i>	35
21	<i>Hyperparameter</i> terbaik berdasarkan <i>tuning</i>	36
22	Perbandingan antar skema <i>random forest</i>	36
23	Perbandingan nilai MAPE data latih	38
24	Perbandingan nilai MAPE data uji	39

DAFTAR GAMBAR

1	Skema umum <i>random forest</i>	14
2	Plot deret waktu nilai ekspor nonmigas Indonesia periode Januari 2012 – Desember 2024	19
3	<i>Seasonal plot</i> nilai ekspor nonmigas Indonesia	20
4	Dekomposisi STL nilai ekspor nonmigas Indonesia	20
5	Pembagian data latih dan uji nilai ekspor nonmigas Indonesia	21
6	Plot ACF nilai ekspor nonmigas Indonesia	23
7	Plot Box-Cox nilai ekspor nonmigas Indonesia	24
8	Plot Box-Cox (a) dan ACF (b) setelah transformasi dan pembedaan	24
9	Plot deret waktu nilai ekspor nonmigas Indonesia periode Januari 2012 – Agustus 2023 setelah transformasi dan pembedaan	25
10	Plot ACF (a) dan PACF (b) nilai ekspor nonmigas Indonesia	25
11	Plot EACF nilai ekspor nonmigas Indonesia	25
12	Plot kenormalan sisaan model ARIMA(0,1,1)	26
13	Plot ACF (a) dan PACF (b) identifikasi model SARIMA	29

DAFTAR GAMBAR

14	Plot PACF nilai ekspor nonmigas Indonesia	35
15	Hasil peramalan model <i>Holt's</i> DES (a), ARIMA(0,1,1) (b), FTS Saxena Easo (c), dan <i>random forest</i> (d) terhadap data latih	37
16	Perbandingan hasil peramalan <i>Holt's</i> DES, ARIMA(0,1,1), FTS Saxena Easo, dan <i>random forest</i>	38
17	Hasil peramalan model <i>Holt's</i> DES, ARIMA(0,1,1), FTS Saxena Easo, dan <i>random forest</i> terhadap data uji	39

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kombinasi α dan β terbaik berdasarkan nilai MAPE terurut hasil proses <i>trial</i> dan <i>error</i>	47
2	Batas bawah, batas atas, dan nilai tengah dari subinterval	48
3	Hasil persentase perubahan data historis nilai ekspor nonmigas Indonesia, fuzzifikasi, dan defuzzifikasi	50
4	<i>Hyperparameter tuning</i> skema 1 terurut berdasarkan MAPE	53
5	<i>Hyperparameter tuning</i> skema 2 terurut berdasarkan MAPE	54
6	Hasil peramalan nilai ekspor nonmigas Indonesia menggunakan <i>Holt's</i> DES, ARIMA(0,1,1), FTS Saxena Easo, dan <i>random forest</i>	54



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.