

Script R Terintegrasi Berbasis Web Application untuk Model Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series

Risdawati¹, Firdaniza², Betty Subartini³

^{1,2,3} Program Studi S-1 Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran

Email : risdawati18001@mail.unpad.ac.id, firdaniza@unpad.ac.id, betty.subartini@unpad.ac.id

Abstrak

Salah satu model yang baik untuk memprediksi data adalah model *Fuzzy Time Series*. Model tersebut sudah banyak digunakan oleh para peneliti, namun untuk proses pengolahan data masih dengan semi manual. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, pengolahan data dapat dilakukan dengan bantuan *software* lainnya, salah satunya adalah *software* R. R memiliki banyak kelebihan diantaranya *open source*, gratis, dan memiliki fitur yang komplit. Pada penelitian ini dibangun *script* R terintegrasi untuk model Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series (ABW-FTS) berbasis *web application* dengan RShiny. Tahapan yang dilakukan dalam membuat *web application shiny* yaitu dengan membuat *script* User Interface (UI), *script* server, dan mempublikasikan aplikasi pada shinyapps.io. *Script* R kemudian diterapkan untuk memprediksi jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia. Hasil prediksi dengan model Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series (ABW-FTS) tergolong akurat dengan rata-rata nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sekitar 12%.

Kata Kunci: Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series; Script R; Web Application RShiny; Covid-19; MAPE

Abstract

One good model for predicting data is the Fuzzy Time Series model. The model has been widely used by researchers, but the data processing process is still semi-manual. Along with the development of science, data processing can be done with the help of other software, one of which is R. R software has many advantages including open source, free, and has complete features. In this study, an integrated R script was built for the Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series (ABW-FTS) model based on a web application with RShiny. The steps involved in creating a shiny web application are creating a User Interface (UI) script, a server script, and publishing the application on shinyapps.io. The R script is then applied to predict the number of Toyota car sales in Indonesia. Prediction results with the Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series (ABW-FTS) model are classified as accurate with an average Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of about 12%.

Keywords: Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series; R Script; RShiny Web Application; Covid-19; MAPE

1. PENDAHULUAN

Analisis *time series* merupakan salah satu metode untuk memprediksi suatu kejadian yang akan datang dengan melihat data dari waktu sebelumnya (Garg *et al.* 2011). Menurut Pangestu dkk. (2018) untuk melakukan prediksi

data dapat dilakukan dengan beberapa teknik *soft computing* seperti algoritma genetika, *Fuzzy Time Series* (FTS), dan *neural network*. Salah satu metode yang baik untuk memprediksi data adalah metode FTS yang merupakan teknik prediksi kuantitatif.

Merujuk pada Tsaur (2012), FTS pertama kali diusulkan oleh Song dan Chissom. FTS diterapkan dalam konsep logika *fuzzy* untuk mengembangkan dasar dari FTS, dengan menggunakan metode *time invariant* dan *time variant*. FTS digunakan untuk memodelkan prediksi jumlah pendaftar di Universitas Alaba. Sejak saat itu banyak metode FTS yang diusulkan, seperti Yu (2005), memperkenalkan model *Weighted FTS* untuk memprediksi indeks saham Taiwan. Model *Weighted FTS* digunakan untuk menyelesaikan dua masalah dalam memprediksi yaitu perulangan dan pembobotan. Perulangan untuk menyelesaikan hubungan *fuzzy* berulang dan pembobotan untuk menetapkan bobot yang tepat untuk berbagai hubungan *fuzzy*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa model *Average-Based FTS* memberikan akurasi yang cukup baik berdasarkan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Selanjutnya, Xihao and Yimin (2008) memperkenalkan model FTS dengan penentuan panjang interval berbasis rata-rata (*Average-Based*) untuk memprediksi indeks saham harian di Shanghai. *Average-Based* digunakan untuk meningkatkan prediksi dan menyimpulkan bahwa panjang interval yang berbeda dapat menghasilkan hubungan *fuzzy* yang berbeda dan mempengaruhi hasil prediksi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa model *Average-Based FTS* memberikan akurasi yang cukup baik berdasarkan *Mean Squared Error* (MSE).

Kemudian Tsaur (2012) menggabungkan model FTS dengan *Markov Chain* (FTSMC) untuk memprediksi nilai tukar mata uang Taiwan dengan dolar AS. Penggabungan ini dilakukan untuk memperoleh probabilitas terbesar yang digunakan pada rantai Markov. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa model FTSMC memberikan akurasi yang sangat baik berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Azzahra *et al.* (2021) menggabungkan model FTSMC dengan model *Weighted FTS*, dan penentuan panjang interval menggunakan *Average-Based* untuk memprediksi harga saham PT kimia farma Tbk. Penentuan panjang interval berbasis rata-rata (*Average-Based*) digunakan untuk mencerminkan fluktuasi data dan pembobotan dilakukan untuk kejadian berulang, sehingga memberikan nilai probabilitas yang berbeda

untuk setiap transisi dari satu keadaan menuju keadaan lainnya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa model Markov *Average-Based Weighted Fuzzy Time Series* (ABW-FTS) memberikan akurasi yang sangat baik berdasarkan nilai MAPE.

Pada penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, proses pengolahan data menggunakan Microsoft Excel dan Matlab sehingga memerlukan waktu relatif lama selain itu matlab merupakan sebuah program berbayar, sehingga untuk bisa menggunakan program ini secara *full*, membutuhkan biaya. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, pengolahan data dapat dilakukan dengan bantuan *software* lainnya, salah satunya adalah *software R*. R adalah suatu *software* statistik untuk keperluan analisis data. *Software R* memiliki fitur yang sangat banyak mulai dari metode yang klasik sampai dengan modern (Suhartono, 2008). Salah satunya adalah pengguna bisa mengembangkan *script R* yang dibangun menjadi *web application*. Menurut Gio dan Effendie (2018), *Shiny* adalah salah satu *package R* dari RStudio yang dapat digunakan untuk membuat *interactive web application* sehingga memudahkan dan mempercepat peneliti dalam melakukan pengolahan data.

Pada penelitian ini dibuat *script R* terintegrasi untuk model Markov ABW-FTS yang dijadikan sebagai *web application* dengan RShiny. Kemudian *web application* yang telah dibuat diterapkan untuk memprediksi jumlah penjualan mobil Toyota di Indonesia. Keakuratan hasil prediksi dari model Markov ABW-FTS dilihat berdasarkan nilai MAPE. Berdasarkan data Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (Gaikindo), penjualan ritel Toyota sepanjang Januari-April 2020 mencapai 75.042 unit. Jumlah tersebut berkontribusi 30,8% dari total volume penjualan ritel nasional yang membukukan 243.634 unit. Perlu adanya prediksi penjualan jumlah mobil Toyota di Indonesia karena penjualan merupakan salah satu indikator paling penting dalam sebuah perusahaan, apabila tingkat penjualan yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut besar, maka keuntungan yang dihasilkan perusahaan pun akan besar pula, sehingga perusahaan dapat bertahan dalam persaingan bisnis dan bisa mengembangkan usahanya. Hasil dari prediksi jumlah penjualan mobil Toyota diharapkan bisa

menjadi rekomendasi bagi instansi terkait dalam hal mengambil kebijakan

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Time Series.

Merujuk pada Wei (2006), *Time Series* merupakan serangkaian pengamatan yang berurutan terhadap suatu variabel berdasarkan interval waktu dengan jarak yang sama. Dasar pemikiran *time series* adalah pengamatan sekarang tergantung pada satu atau beberapa pengamatan pada waktu sebelumnya.

2.2 Fuzzy Time Series.

Menurut Tsaur (2012), misalkan U adalah himpunan semesta terdefinisi, dengan $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ maka himpunan fuzzy $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ didefinisikan sebagai

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{f_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (1)$$

Definisi 2.1 (Tsaur, 2012) Misalkan $Y(t) \subset \mathbb{R}$ merupakan semesta pembicaraan ($t = 0, 1, 2, 3 \dots$) dan didefinisikan himpunan fuzzy $A_i(t)$. Jika $F(t)$ merupakan kumpulan dari $A_i(t)$ maka $F(t)$ disebut *Fuzzy Time Series* pada $Y(t)$.

Definisi 2.2 (Tsaur, 2012) Misalkan $F(t)$ disebabkan oleh $F(t - 1)$, maka hubungan antara $F(t)$ dengan $F(t - 1)$ dapat dinyatakan sebagai $F(t - 1) \rightarrow F(t)$.

Definisi 2.3 (Tsaur, 2012) Misalkan $F(t) = A_i$ disebabkan oleh $F(t - 1) = A_j$ hubungan antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$ disebut sebagai *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan dapat dinyatakan sebagai $A_i \rightarrow A_j$.

2.3 Markov Average-Based Weighted Fuzzy Time Series

Merujuk kepada Azzahra *et al.* (2021), Model Markov ABW-FTS merupakan pengembangan dari model Markov FTS yang telah dilakukan oleh Tsaur pada tahun 2012. Pada model Markov FTS, penentuan panjang interval menggunakan model Sturgess. Perbedaan utama yang diangkat pada penelitian tersebut adalah penentuan panjang interval dengan menggunakan model *Average-Based* dan pembobotan pada FTS. Tahapan yang dilakukan

pada model Markov ABW-FTS adalah sebagai berikut:

a. Menentukan himpunan semesta U (Tsaur, 2012).

Menentukan himpunan semesta U dari data menggunakan persamaan (2)

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (2)$$

b. Membagi U menjadi beberapa partisi menggunakan model *Average-Based* dengan langkah sebagai berikut (Xihao & Yimin, 2008):

i. Menentukan panjang interval (l_0) menggunakan persamaan (3),

$$l_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum_{t=1}^{N-1} |Y(t+1) - Y(t)|}{N-1} \right) \quad (3)$$

ii. Membulatkan panjang interval

Aturan pembulatan berdasarkan basis dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Basis panjang interval

Rentang nilai l_0	Basis
0,1 - 1	0,1
1,1 - 10	1
11 - 100	10
101 - 1000	100

iii. Membagi U menjadi interval-interval dengan panjang l_0 , yakni hasil pembulatan panjang interval sebelumnya.

c. Menentukan himpunan fuzzy A_i untuk himpunan semesta U dengan aturan seperti persamaan (4),

$$A_i = \begin{cases} \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2}, & i = 1 \\ \frac{0,5}{u_{i-1}} + \frac{1}{u_i} + \frac{0,5}{u_{i+1}}, & 2 \leq i \leq k-1 \\ \frac{0,5}{u_{k-1}} + \frac{1}{u_k}, & i = k \end{cases} \quad (4)$$

d. Melakukan fuzzifikasi data

Fuzzifikasi data bertujuan untuk mencari himpunan fuzzy ekuivalen untuk setiap masukan data

e. Menentukan *Weighted Fuzzy Logical Relationship*

Merujuk pada Yu (2005), *Weighted Fuzzy Logical Relationship* ditentukan dengan memberikan bobot pada setiap kejadian berulang.

f. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)

Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) merupakan pengelompokan dari perpindahan suatu keadaan ke keadaan berikutnya.

g. Membuat matriks peluang transisi rantai Markov

Matriks peluang transisi rantai Markov dibangun menggunakan aturan seperti persamaan (5),

$$p_{i,j} = \frac{\sum w_{i,j}}{\sum_{j=1}^k \sum w_{i,j}} \quad (5)$$

h. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses menerjemahkan derajat keanggotaan himpunan fuzzy menjadi suatu nilai nyata. Defuzzifikasi dilakukan dengan mengikuti aturan sebagai berikut:

- Jika FLRG dari keadaan A_i bersifat satu ke satu (yakni, hanya menuju satu keadaan), maka

$$Y^*(t) = [m_j][p_{i,j}] \quad (6)$$

- Jika FLRG dari keadaan A_i bersifat satu ke banyak (misalkan $A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_k$), maka

$$Y^*(t) = [m_1 \ m_2 \ m_3 \ \dots \ Y(t-1) \ \dots \ m_k] \cdot [p_{i,1} \ p_{i,2} \ \dots \ p_{i,i} \ \dots \ p_{i,k}]^T \quad (7)$$

i. Menyesuaikan kecenderungan nilai prediksi

Penyesuaian kecenderungan nilai prediksi bertujuan untuk mengurangi besar penyimpangan pada hasil prediksi.

$$D(t) = \frac{l}{2} v \quad (8)$$

j. Menghitung hasil prediksi yang disesuaikan

Menghitung hasil prediksi yang disesuaikan menggunakan persamaan (9),

$$\hat{Y}(t) = Y^*(t) \pm D(t) \quad (9)$$

2.4 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Menurut Lawrence *et al.* (2009), semakin kecil nilai MAPE yang dihasilkan maka semakin akurat nilai hasil prediksi. MAPE dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{Y(t) - \hat{Y}(t)}{Y(t)} \right|}{N} \times 100\% \quad (10)$$

Berdasarkan hasil prediksi, merujuk pada Lewis (1982) dalam Lawrence *et al.* (2009), tingkat keakuratan dapat dilihat dari skala nilai MAPE pada Tabel 2

Tabel 2. Skala nilai MAPE

MAPE	Kriteria
< 10%	Sangat Akurat
10% - 20%	Akurat
21% - 50%	Cukup Akurat
> 50%	Tidak Akurat

2.5 Software R

R adalah bahasa pemrograman dan perangkat lunak untuk keperluan analisis data statistik (Gio dan Effendie, 2018). *Software R* memiliki kelebihan diantaranya R bersifat *open source*, merupakan *open-software nature*, dapat melakukan banyak operasi dengan fitur yang sangat komplit. *Shiny* adalah salah satu *package R* dari RStudio yang dapat digunakan untuk membuat *interactive web application*. *Shiny* dapat diakses pada alamat *website* resmi yaitu <https://shiny.rstudio.com/>. Terdapat 3 komponen penting dalam membuat web application *shiny* yaitu *User Interface* (UI), *Server*, dan *ShinyApp*. *User Interface* (UI) merupakan fungsi yang mendefinisikan tampilan web dari aplikasi yang berfungsi memuat seluruh *input* dan *output* yang

akan ditampilkan dalam *app*. Server merupakan fungsi yang mendefinisikan logika kerja analisis dari sisi server pada aplikasi. *ShinyApp* merupakan fungsi dari aplikasi yang memanggil UI dan Server untuk menjalankan aplikasi.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah membangun *script* R terintegrasi untuk model Markov ABW-FTS berbasis *web application*. Langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah membuat *script* R terintegrasi untuk *web application shiny*, melakukan publikasi pada *shinyapps.io*. Kemudian *script* model Markov ABW-FTS yang telah dibuat diterapkan pada data penjualan mobil Toyota di Indonesia yang dimulai sejak bulan Januari 2010 – Agustus 2022 yang diperoleh dari <https://triatmono.info/data-penjualan-tahun-2012/data-penjualan-mobil-2017/>.

Langkah – Langkah yang dilakukan untuk membangun *script* R terintegrasi untuk model Markov ABW-FTS berbasis *web application* adalah sebagai berikut:

1) Membuat *script* User Interface (UI)

Pada bagian ini dibuat *script* untuk menghimpun komponen-komponen HTML untuk tampilan depan aplikasi.

2) Membuat *script* server

Pada bagian ini dibuat algoritma *script* R Model Markov ABW-FTS. Tahapan yang dilakukan untuk membuat *script* server adalah:

- a. Membuat *script* untuk menentukan himpunan semesta U menggunakan persamaan (2).
- b. Membuat *script* untuk membagi U menjadi beberapa partisi dengan metode *Average-Based* menggunakan persamaan (3).
- c. Membuat *script* untuk mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i menggunakan persamaan (4) dan menentukan fuzzifikasi data.

- d. Membuat *script* untuk menentukan *Weighted Fuzzy Logical Relationship* dan *Fuzzy Logical Relationship* (FLRG).
- e. Membuat *script* untuk membuat matriks peluang transisi rantai Markov menggunakan persamaan (5).
- f. Membuat *script* untuk melakukan defuzzifikasi menggunakan persamaan (6) dan (7).
- g. Membuat *script* untuk melakukan penyesuaian kecenderungan nilai prediksi menggunakan persamaan (8) dan menghitung hasil prediksi yang disesuaikan menggunakan persamaan (9).
- h. Membuat *script* untuk menghitung MAPE menggunakan persamaan (10).
- i. Membuat *script* untuk menampilkan tabel data aktual dan hasil prediksi.

3) Membuat *script* ShinyApp

ShinyApp berfungsi untuk mengatur konfigurasi dari UI (tampilan) dan server (fungsi komputasi).

- 4) Melakukan publikasi pada website berikut ini <https://www.shinyapps.io/>.
- 5) *Input* data jumlah penjualan mobil Toyota di Indonesia dalam bentuk *Comma Separated Values (.csv)*.
- 6) Menerapkan *script* model Markov ABW-FTS untuk memprediksi data.
- 7) Menerapkan *script* untuk menghitung nilai MAPE.
- 8) Hasil prediksi jumlah penjualan mobil Toyota di Indonesia.
- 9) Hasil keakuratan model menggunakan MAPE.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah penjualan mobil Toyota di Indonesia pada bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Agustus 2022. Data jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia didapatkan dari <https://triatmono.info/data-penjualan-tahun-2012/data-penjualan-mobil-2017/>.

4.2 Proses Membangun Script R Terintegrasi untuk Model Markov ABW-FTS

a. *Install packages* dan panggil *library* yang digunakan untuk Rshiny
 Pada tahap ini dilakukan instalasi *packages* yang dibutuhkan diantaranya “*shiny*” dan “*shinythemes*”.

b. *Script User Interface (UI)*
 Pada bagian ini terdapat fungsi *fluidPage()* yaitu fungsi yang mengatur struktur layout dasar dari halaman.

c. *Script server*
 Pada bagian ini terdapat kode *server <- function(input, output){...}*. Kode yang digunakan untuk menentukan bagaimana melakukan komputasi data. Algoritma *script R* model Markov ABW-FTS dibuat pada bagian *server*.

- i. *Script* menentukan himpunan semesta U
- ii. *Script* membagi U menjadi beberapa partisi
- iii. *Script* mendefinisikan himpunan fuzzy A_i dan melakukan fuzzifikasi data
- iv. *Script* menentukan *Weighted Fuzzy Logical Relationship* dan *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)*.
- v. *Script* menentukan matriks peluang transisi rantai markov
- vi. *Script* melakukan defuzzifikasi
- vii. *Script* melakukan penyesuaian kecenderungan nilai prediksi dan menghitung hasil prediksi yang disesuaikan
- viii. *Script* prediksi satu periode kedepan
- ix. *Script* menghitung MAPE
- x. *Script* ShinyApp

4.3 Hasil Penerapan Script R Terintegrasi untuk Model Markov ABW-FTS dalam Memprediksi Jumlah Penjualan Mobil Toyota di Indonesia

- i. Himpunan semesta U

Himpunan Semesta U	
Minimal.New	Maksimal.New
6700.00	40900.00

Gambar 1. Output semesta U

- ii. Membagi U menjadi beberapa partisi

Membagi U menjadi beberapa partisi dengan mencari panjang interval menggunakan metode *average-based*. Didapatkan *output* panjang interval = 2.100 dan banyak interval = 16 yang artinya akan dibuat interval sebanyak 16 dengan panjang interval 2.100.

Panjang Interval		
2100		
Banyak Partisi Data		
16		
Kelas Partisi		
bawah	atas	kel
6700.00	8837.50	1.00
8837.50	10975.00	2.00
10975.00	13112.50	3.00
13112.50	15250.00	4.00
15250.00	17387.50	5.00
17387.50	19525.00	6.00
19525.00	21662.50	7.00

Gambar 2. Output panjang interval, banyak dan kelas partisi

- iii. Himpunan *fuzzy* A_i dan melakukan fuzzifikasi data

Data jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia dipetakan ke dalam himpunan *fuzzy* yang sebelumnya telah terbentuk.

Fuzifikasi Data	
data	fuzifikasi
20803	7
21800	8
26287	10
24422	9
21050	7
26034	10
27757	10
22655	8
18423	6
25347	9
22642	8
23769	8
27620	10

Gambar 3. Output fuzzifikasi data

- iv. *Weighted Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)*

Kolom fuzzifikasi sama dengan hasil fuzzifikasi data pada langkah sebelumnya,

kolom *left* artinya bilangan *fuzzy* sebelumnya, dan bilangan *right* yaitu bilangan *fuzzy* yang dipilih.

Fuzzy Logical Relationship		
fuzzifikasi	left	right
8.00	7	8
10.00	8	10
9.00	10	9
7.00	9	7
10.00	7	10
10.00	10	10
8.00	10	8
6.00	8	6
9.00	6	9
8.00	9	8
8.00	8	8
10.00	8	10
9.00	10	9

Gambar 4. Output fuzzy logical relationship

Fuzzy Logical Relationship Group																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	3	2	2	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	2	2	2	1	1	2	1	0	0	0	2

Gambar 5. Output weighted FLRG

v. Matriks peluang transisi rantai Markov

Matriks peluang transisi rantai Markov dibuat dengan menghitung jumlah bobot dari setiap transisi yang terjadi.

Matriks Transisi Markov																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0.66667	0	0.33333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.66667	0.33333	0	0	0	0	0	0.33333	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.33333	0	0.33333	0	0	0	0	0.33333	0	0	0	0	0	0	0
0.33333	0	0	0	0.33333	0.33333	0.33333	0	0	0.33333	0	0	0	0	0	0	0
0.16667	0	0	0	0	0.16667	0.16667	0.16667	0	0.16667	0	0	0.16667	0	0	0.16667	0
0	0	0	0	0	0.375	0.25	0	0.25	0	0.125	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.07692	0.07692	0.07692	0.15385	0.23077	0.15385	0.15385	0.07692	0	0	0	0	0
0	0	0	0.0625	0	0.0625	0.125	0.125	0.1875	0.0625	0.0625	0.125	0.0625	0	0	0.125	0

Gambar 6. Output matriks peluang transisi rantai Markov

vi. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan hasil prediksi awal. Data jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia yang sebelumnya diubah menjadi himpunan *fuzzy*, dikembalikan menjadi bentuk nilai aktualnya melalui proses defuzzifikasi.

Hasil Defuzzifikasi	
data	
24145.66	
24396.69	
26459.59	
26521.70	
24238.28	
26400.06	
26805.46	
24528.23	
23082.42	
26695.14	
24526.23	
24699.62	
26773.23	

Gambar 7. Output defuzzifikasi

vii. Penyesuaian kecenderungan nilai prediksi dan menghitung hasil prediksi akhir

Penyesuaian kecenderungan nilai prediksi dilakukan karena hasil yang didapatkan masih jauh dengan data aktual.

Penyesuaian nilai peramalan					
data aktual	prediksi	adjusted	adj.forecast	galat	MAPE
21800.00	24145.66	2100.00	26245.66	4445.66	0.20
26287.00	24396.69	2100.00	26496.69	209.69	0.01
24422.00	26459.59	-1050.00	25409.59	987.59	0.04
21050.00	26521.70	-2100.00	24421.70	3371.70	0.16
26034.00	24238.28	3150.00	27388.28	1354.28	0.05
27757.00	26400.06	0.00	26400.06	1356.94	0.05
22655.00	26805.46	-2100.00	24705.46	2050.46	0.09
18423.00	24528.23	-2100.00	22428.23	4005.23	0.22
25347.00	23082.42	3150.00	26232.42	885.42	0.03
22642.00	26695.14	-1050.00	25645.14	3003.14	0.13
23769.00	24526.23	0.00	24526.23	757.23	0.03
27620.00	24699.62	2100.00	26799.62	820.38	0.03
25563.00	26773.23	-1050.00	25723.23	160.23	0.01

Gambar 8. Output penyesuaian kecenderungan nilai prediksi dan hasil prediksi akhir

viii. Memprediksi jumlah penjualan mobil Toyota di Indonesia

- Hasil prediksi jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia pada bulan Juni 2022

Prediksi next periode	
data	
18456.25	

Gambar 9. Hasil prediksi Juni 2022

Untuk mendapatkan *output* hasil prediksi satu periode ke depan menggunakan model Markov ABW-FTS, dilakukan langkah yang sama (langkah 1-9) dengan menginput data yang baru.

Hasil prediksi jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia pada bulan Juni - Agustus 2022 menggunakan model Markov ABW-FTS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil prediksi

Data	Bulan Prediksi	Data Aktual	Hasil Prediksi	Nilai MAPE	Tingkat Akurasi
Januari 2010 - Juni 2022	Juni 2022	27.835	18.456	11,55%	Akurat
Januari 2010 - Juli 2022	Juli 2022	36.502	27.006	11,52%	Akurat
Januari 2010 - Agustus 2022	Agustus 2022	29.006	35.556	11,55%	Akurat
Rata-rata MAPE				11,53%	Akurat

Berdasarkan Tabel 3. didapatkan nilai rata-rata MAPE dengan model Markov ABW-FTS dalam memprediksi jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia sebesar 11,53%, mengacu pada Tabel 2. model Markov ABW-FTS termasuk ke dalam kategori akurat.

5. KESIMPULAN

Prosedur membangun *script* R terintegrasi berbasis *Web Application* untuk model Markov ABW-FTS dilakukan dengan membuat *script User Interface* (UI), *script* server, dan mempublikasikan pada *shinyapps.io*. *library* yang digunakan yaitu “*shiny*” dan “*shinythemes*”. Hasil prediksi jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia pada bulan Juni - Agustus 2022 dengan menggunakan *script* R terintegrasi berbasis *Web Application* menggunakan model Markov ABW-FTS mengalami kenaikan setiap bulannya. odel Markov ABW-FTS dalam memprediksi jumlah penjualan mobil toyota di Indonesia tergolong akurat dengan nilai rata-rata MAPE sebesar 11,53% atau sekitar 12%.

6. REFERENSI

Azzahra, R., Firdaniza, & Gusriani, N. (2021). 'Markov average-based weighted fuzzy time series model to'. *DESIMAL : JURNAL MATEMATIKA*, 4(3), 285–294.

Garg, B., Sufyan Beg, M. M., Ansari, A. Q., &

Imran, B. M. (2011). 'Fuzzy time series prediction model'. *Communications in Computer and Information Science*, 141 CCIS, 126–137.

Gio, P. U., & Effendie, A. R. (2018). *Belajar Bahasa Pemrograman R*.

Jatipaningrum, M. T. (2016). 'Peramalan Data Produk Domestik Bruto dengan Fuzzy Time Series Markov Chain'. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 31–38.

Khair, U., Fahmi, H., Hakim, S. Al, & Rahim, R. (2017). 'Forecasting Error Calculation with Mean Absolute Deviation and Mean Absolute Percentage Error'. *Journal of Physics: Conference Series*, 930(1).

Lawrence, K. D., Klimberg, R. K., & Lawrence, S. M. (2009). 'Fundamentals of Forecasting Using Excel'. In *Australian Health Service Alliance* (Issue 1). <https://books.google.com/books?id=gcspLg1fR7EC&pgis=1%5Chttps://www.ahsa.com.au/web/freestyler/files/PrivatePatientsinPublicHospitalsMay2013.pdf>

Pangestu, F., Widodo, A. W., & Rahayudi, B. (2018). 'Prediksi Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Menggunakan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Models'. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(9), 2923–2929.

Suhartono. (2008). *Analisis Data Statistik Dengan R*. Lab Statistik Komputasi, ITS, Surabaya.

Sullivan, J., & Woodall, W. H. (1994). 'A comparison of fuzzy forecasting and Markov modeling'. *Fuzzy Sets and Systems*, 64(3), 279–293.

Tsaur, R.-C. (2012). 'Application To Forecast the Exchange Rate'. *Journal, International Computing, Innovative*, 8(7), 4931–4942.

Wei, W. W. S. (2006). William W.S. Wei - Time Series Analysis _ Univariate and Multivariate Methods (2nd Edition)-Addison Wesley (2005).pdf. In *New introduction to Multiple Time Series*

Analysis (pp. 1–764).

- Xihao, S., & Yimin, L. (2008). 'Average-Based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index *'. *World Journal of Modelling and Simulation*, 4(2), 104–111.
- Yu, H. K. (2005). 'Weighted fuzzy time series models for TAIEX forecasting'. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 349(3–4), 609–624.