

**PERBANDINGAN TINGKAT AKURASI METODE *AVERAGE BASED
FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN* DAN ALGORITMA NOVEL
*FUZZY TIME SERIES***

(Studi Kasus: Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)

SKRIPSI

**OLEH
SYAVIRA HABIB AL-ADAWIYAH
NIM. 17610013**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**PERBANDINGAN TINGKAT AKURASI METODE *AVERAGE BASED
FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN* DAN ALGORITMA NOVEL
*FUZZY TIME SERIES***

(Studi Kasus: Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**OLEH
SYAVIRA HABIB AL-ADAWIYAH
NIM. 17610013**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**PERBANDINGAN TINGKAT AKURASI METODE *AVERAGE BASED*
FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN DAN ALGORITMA NOVEL
*FUZZY TIME SERIES***

(Studi Kasus: Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)

SKRIPSI

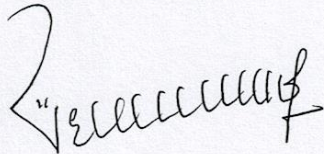
OLEH

SYAVIRA HABIB AL-ADAWIYAH

NIM. 17610013

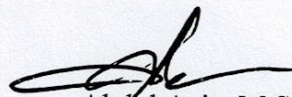
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 04 November 2021

Pembimbing I,



Evawati Alisah, M.Pd
NIP. 19720604 199903 2 001

Pembimbing II,



Abdul Aziz, M.Si
NIP. 19760318 200604 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005

**PERBANDINGAN TINGKAT AKURASI METODE *AVERAGE BASED FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN* DAN ALGORITMA NOVEL
*FUZZY TIME SERIES***

(Studi Kasus: Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)

SKRIPSI

**OLEH
SYAVIRA HABIB AL-ADAWIYAH
NIM. 17610013**

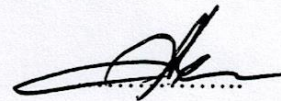
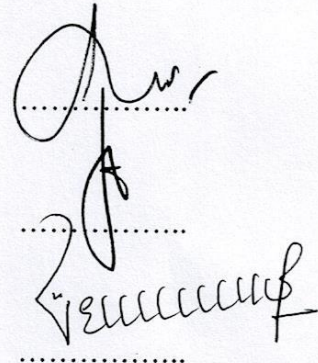
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
dan dinyatakan Diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk Memperoleh Gelar sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 01 Desember 2021

Penguji Utama : Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

Ketua Penguji : Dr. Sri Harini, M.Si

Sekretaris Penguji : Evawati Alisah, M.Pd

Anggota Penguji : Abdul Aziz, M.Si



Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc
NIP. 19741129 200012 2 005

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syavira Habib Al-adawiyah

NIM : 17610013

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Perbandingan tingkat akurasi metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* (studi kasus: harga beras di tingkat perdagangan besar indonesia)

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 04 November 2021
Yang membuat pernyataan,



Syavira Habib Al-adawiyah
NIM. 17610013

MOTTO

“Believe you can and you’re halfway there”— Theodore Roosevelt

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua Ayahanda Nur Kabid dan Ibunda Sulikawati
yang senantiasa memberikan doa, semangat, nasihat, dan motivasi yang tidak
pernah henti hingga saat ini, serta Adik Muhammad Hafidh Syafa'atul Uzma
yang menjadi pengingat juga penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah Swt yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang atas limpahan nikmat, iman, dan islam. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Saw, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perbandingan Tingkat Akurasi *Metode Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma *Novel Fuzzy Time Series* (Studi Kasus Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)”. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, sebagai rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, sebagai dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc, sebagai ketua Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Evawati Alisah, M.Pd, sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi kepada penulis.
5. Abdul Aziz, M.Si, sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan ilmunya kepada penulis.
6. Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd sebagai Dosen Penguji Seminar Proposal dan sidang skripsi yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun bagi penulis.
7. Bapak/Ibu Dosen, sebagai Dosen Penguji sidang skripsi yang telah memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
8. Segenap sivitas akademika Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

terutama seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama proses perkuliahan.

9. Orangtua, saudara dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa serta dukungan kepada penulis dalam menuntut ilmu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis tetapi juga bermanfaat bagi semua pihak yang membaca skripsi ini.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 04 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
ملخص.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah.....	8
1.6 Sistematika Penulisan.....	8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	10
2.2 <i>Time Series</i>	11
2.3 <i>Fuzzy Time Series</i>	13
2.4 <i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	18
2.5 Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i>	25
2.6 Pengujian Keakuratan	28
2.7 Beras.....	30
2.8 Kajian Peramalan dalam Al-Qur'an.....	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian	35
3.2 Jenis dan Sumber Data	35
3.3 Teknik Analisis Data.....	36
3.4 <i>Flowchart</i> Penelitian	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif	41
4.2 Perhitungan Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i> dalam Meramalkan Fluktuasi Rata-Rata Harga Beras di Indonesia	42
4.3 Perhitungan Metode Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i> dalam Meramalkan Fluktuasi Rata-Rata Harga Beras di Indonesia.....	55
4.4 Perbandingan Tingkat Akurasi Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i> dan Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i> dalam Meramalkan Fluktuasi Rata-Rata Harga Beras di Indonesia..	58
4.5 Kajian Peramalan dalam Al-Qur'an.....	61

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	66

DAFTAR PUSTAKA	67
-----------------------------	----

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Basis Interval.....	20
Tabel 2.2	Kriteria MAPE	29
Tabel 4.1	Interval Himpunan semesta.....	44
Tabel 4.2	Nilai Tengah Himpunan semesta	44
Tabel 4.3	Fuzzifikasi Data Historis.....	46
Tabel 4.4	<i>Fuzzy Logical Relationship</i> (FLR).....	47
Tabel 4.5	<i>Fuzzy Logical Relationship Group</i> (FLRG).....	49
Tabel 4.6	Matriks Probabilitas	50
Tabel 4.7	Nilai Penyesuain Kecenderungan Hasil Peramalan	53
Tabel 4.8	Perbandingan Uji Akurasi	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Analisis Data	39
Gambar 4.1 Plot <i>Time Series</i> Data Rata-rata Harga Beras	41
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Peramalan Awal Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series</i>	52
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Peramalan Akhir <i>Average Based Fuzzy Time Series</i>	55
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i>	58
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i> dan Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i>	60

ABSTRAK

Al-adawiyah, Syavira Habib. 2021. **Perbandingan Tingkat Akurasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* (Studi Kasus Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Evawati Alisah, M.Pd. (II) Abdul Aziz, M.Si.

Kata kunci: Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*, *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain*, harga beras, MAPE, perbandingan akurasi

Seiring dengan perkembangan metode *time series* menyebabkan banyak pilihan metode untuk menganalisis data *time series*, salah satunya menggunakan *fuzzy time series*. Kelebihan dari metode *fuzzy time series* yaitu tidak membutuhkan asumsi-asumsi tertentu dan tidak memperhatikan pola data. Metode *fuzzy time series* dapat diterapkan dalam meramalkan keadaan pada data perkembangan harga pangan misalnya beras. Posisi beras sebagai bahan makanan pokok mengakibatkan komoditas ini menjadi salah satu indikator pertumbuhan ekonomi. Pentingnya menekan harga beras supaya stabil dapat dilakukan dengan peramalan terhadap harga beras di Indonesia pada masa mendatang. Metode penelitian yang digunakan untuk peramalan yaitu metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*. Peneliti akan membandingkan kedua metode pada kasus harga beras dengan melihat tingkat akurasi yang lebih baik. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan besar mulai bulan Januari 2015 hingga Maret 2021 dalam satuan Rp/Kg sebanyak 75 data. Hasil perbandingan tingkat akurasi menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), diperoleh peramalan rata-rata harga beras ditingkat perdagangan besar Indonesia untuk metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* yaitu 0.36%, sedangkan nilai MAPE untuk metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* yaitu 0.19%. Berdasarkan hasil MAPE dapat disimpulkan bahwa metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* menghasilkan tingkat akurasi lebih baik dibandingkan dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain*.

ABSTRACT

Al-adawiyah, Syavira Habib. 2021. **The Comparison of Accuracy Levels Method Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain and Novel Algorithms Fuzzy Time Series (Case Study: Rice Prices at the Indonesian Wholesale Trade Level)**. Thesis. Mathematics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisors: (I) Evawati Alisah, M.Pd. (II) Abdul Aziz, M.Sc.

Keywords: Novel Algorithm Fuzzy Time Series, Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain, rice price, MAPE, accuracy comparison

The development of time series methods leads to many choices of methods for analyzing time series data, one of which uses fuzzy time series. The advantages of the fuzzy time series method that is it does not require certain assumptions and does not count the data patterns. Fuzzy time series method can be applied in predicting the situation in food price development data such as rice. The position of rice as a staple food has resulted in this commodity being one of the indicators of economic growth. The importance of suppressing rice prices so that they are stable can be done by forecasting rice prices in indonesia in the future. The research method used for forecasting is average based fuzzy time series markov chain and novel algorithms fuzzy time series. Researchers will compare the two methods in the case of rice prices by looking at the level of accuracy that is better. The data used in this study is the average monthly rice price at the wholesale trade level from January 2015 to March 2021 in units of Rp/Kg as much as 75 data. The results of the comparison of the level of accuracy using the value of Mean Absolute Percentage Error (MAPE), obtained the forecast of the average price of rice at the indonesian wholesale trade level for average based fuzzy time series markov chain which is 0.36%, while the mape value for novel algorithm fuzzy time series is 0.19%. Based on the mape results, it can be concluded that the novel algorithm methodfuzzy time series produces a better level of accuracy compared to the method average based fuzzy time series markov chain.

ملخص

العدوية، شافر حبيب. ٢٠٢١. مقارنة درجة دقة طريقة المتوسط المعتمدة على سلسلة مدة الأغيش لمركوف جهين "Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain" وخوارزمية رواية سلسلة مدة الأغيش "Algoritma Novel Fuzzy Time Series" (دراسة حالة عن سعر الأرز في درجة تجارة الأرز بإندونيسيا). البحث العلمي. دراسة علم الرياضيات. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (١) إيفاواقي آليسة، الماجستير، (٢) عبد العزيز، الماجستير.

الكلمات الأساسية: خوارزمية رواية سلسلة مدة الأغيش "Algoritma Novel Fuzzy Time Series"، المتوسط المعتمدة على سلسلة مدة الأغيش لمركوف جهين "Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain"، سعر الأرز، MAPE، مقارنة الدقة.

إن مرور تطور سلسلة المدة تؤثر على كثير اختيار الطرائق لتحليل بيانات سلسلة المدة ومن إحدى هذه الطرائق هي استخدام سلسلة مدة الأغيش. ومن مميزات طريقة سلسلة مدة الأغيش هي أنها لا تحتاج إلى افتراضات المعينة ولا تهتم نموذج البيانات. فطريقة سلسلة مدة الأغيش مطبقة في تنبؤ الأحوال على بيانات تطور سعر الحاجيات مثل الأرز. فموقع الأرز كأدوات الوجبات تسبب إلى كون هذه الوجبات كإحدى مؤثرات التطور الاقتصادي. وكانت أهمية ضبط سعر الأرز ليكون ثابتاً أجري بعملية التنبؤ عن سعر الأرز بإندونيسيا في المستقبل. فطريقة البحث المستخدمة لعملية التنبؤ هي طريقة المتوسط المعتمدة على سلسلة مدة الأغيش لمركوف جهين "Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain" وخوارزمية رواية سلسلة مدة الأغيش "Algoritma Novel Fuzzy Time Series". قامت الباحثة بمقارنة الطريقتين في سعر الأرز وهي بالنظر إلى درجة الدقة الأحسن. فالبيانات المستخدمة في هذا البحث هي بيانات متوسط سعر الأرز شهريا في درجة التجارة الكبيرة من شهر يناير سنة ٢٠١٥ إلى شهر مارس سنة ٢٠٢١ بوحدة روية\كيلوغرام بعدد ٧٥ بيانا. دلت نتائج مقارنة درجة الدقة باستخدام نتيجة متوسط خطأ النسبة المئوية المطلقة (Mean Absolute Percentage Error (MAPE)) على أن تنبؤ متوسط سعر الأرز في درجة تجارة الأرز بإندونيسيا لطريقة المتوسط المعتمدة على سلسلة مدة الأغيش لمركوف جهين "Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain" حصلت على نتيجة ٠,٣٦٪، غير أن متوسط خطأ النسبة المئوية المطلقة لطريقة خوارزمية رواية تسلسل مدة

الأغيش "Algoritma Novel Fuzzy Time Series" حصلت على نتيجة ٠,١٩%. وانطلاقاً من نتائج متوسط خطأ النسبة المئوية المطلقة تكون الخلاصة على أن طريقة خوارزمية رواية تسلسل مدة الأغيش "Algoritma Novel Fuzzy Time Series" تنتج درجة الدقة الأحسن من طريقة المتوسط المعتمدة على أساس سلسلة مدة الأغيش لمركوف جهين "Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain".

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peramalan merupakan cara menganalisis suatu kejadian yang akan terjadi berdasarkan data yang relevan di masa lalu (Maricar, 2019). Metode peramalan yang banyak dikembangkan adalah *time series*. *Time series* merupakan pengamatan menggunakan metode kuantitatif berdasarkan data terurut di masa lalu yang dapat digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan di masa mendatang. Metode analisis *time series* memiliki beberapa pilihan dalam peramalan data, seperti ARIMA, SARIMA, *Smoothing*, dan lain-lain, namun metode ini membutuhkan data historis dalam jumlah besar dan asumsi-asumsi yang harus dipenuhi (Muhammad, dkk, 2021). Seiring dengan perkembangan metode *time series* menyebabkan banyak pilihan metode yang digunakan untuk menganalisis data *time series*, salah satunya menggunakan *fuzzy time series*. *Fuzzy time series* merupakan sebuah konsep baru yang dikemukakan oleh Song dan Chissom (1993) berdasarkan teori himpunan *fuzzy* dan konsep variabel linguistik (Nugroho, 2016). Himpunan *fuzzy* yang terdapat dalam himpunan semesta dari data aktual digunakan untuk mengubah data historis yang akan diprediksi, sehingga apabila dibandingkan dengan metode peramalan lainnya *fuzzy time series* tidak memerlukan asumsi-asumsi saat data historis terbatas dan pola data tidak menjadi pertimbangan (Ekananta, 2017).

Peningkatan akurasi metode *fuzzy time series* terus-menerus dilakukan dengan menggabungkan beberapa metode yang terlebih dahulu diteliti

kesesuaiannya dengan kaidah matematis yang cocok (Noh, dkk, 2015). Sesuai dengan firman Allah Swt dalam surat Al-Hasyr ayat 18 yang artinya:

“Wahai orang-orang yang beriman. Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertakwalah kepada Allah. Sungguh, Allah Maha Teliti terhadap apa yang kamu kerjakan”.

Terjemahan tafsir Ibnu Katsir (Syaiikh, 1994) dari ayat tersebut menunjukkan bahwa manusia tidak mengetahui dengan pasti apa yang akan diusahakannya besok atau yang akan diperolehnya. Allah memerintahkan untuk senantiasa berusaha dengan melakukan perbaikan secara berkala dari perbuatan di masa lalu sebagai bahan evaluasi supaya lebih baik di masa mendatang. Salah satu hal yang dimaksud adalah meramalkan sesuatu yang akan terjadi berdasarkan apa yang pernah terjadi di masa lampau sesuai dengan fakta, namun untuk meramalkan suatu kejadian tetap harus didukung dengan dasar yang logis dan data relevan dari rangkain waktu untuk mendapatkan estimasi keakuratan (Fardhani, dkk, 2018).

Peramalan menggunakan metode *fuzzy time series* telah dikembangkan, seperti yang dibahas Tsaur (2012) mengenai penerapan metode *fuzzy time series markov chain* pada data nilai tukar dolar. Metode *fuzzy time series markov chain* menggunakan rantai markov untuk memperoleh hasil peramalan dengan peluang transisi dan meminimalisir pengaruh data yang berfluktuasi dengan mengklasifikasikan data sesuai periode (Jatipaningrum, 2016). Kelebihan dari *fuzzy time series markov chain*, yaitu dapat menganalisis data *time series* dengan sampel kecil supaya tingkat akurasi peramalan lebih tinggi dengan mengubah data historis menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yang kemudian digunakan untuk memperoleh matriks probabilitas transisi rantai markov dengan menggabungkan kelebihan proses stokastik rantai markov (Syafri, 2021). Selain

itu, metode yang dikembangkan oleh Jasim (2012) juga dapat digunakan untuk peramalan menggunakan metode *fuzzy time series*, yaitu algoritma novel *fuzzy time series*. Metode algoritma novel *fuzzy time series* menggunakan tahap-tahap yang cukup berbeda dari *fuzzy time series* klasik dalam menentukan panjang interval, sedangkan untuk memperoleh hasil peramalan metode ini memperhatikan data dari dua periode sebelumnya sehingga didapatkan hasil peramalan yang mendekati nilai data aktual.

Pemilihan interval metode *fuzzy time series* masih bergantung pada ketentuan yang ditetapkan oleh peneliti. Penentuan panjang interval pada metode *fuzzy time series* sangat berpengaruh dalam proses pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang nantinya juga mempengaruhi pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dan hasil akhir peramalan. Penting untuk menentukan panjang interval yang tepat supaya FLR yang terbentuk juga akurat. Salah satu metode yang dinilai efektif untuk menentukan panjang interval adalah *average based* (Rukhansah, 2015). Metode *average based* dapat mengatasi kekurangan metode-metode sebelumnya, antara lain jumlah data minimum yang dibutuhkan, periode peramalan yang pendek, adanya *zero mean* dan *zero variance* dalam pengolahan data, serta proses perhitungan peramalan yang memiliki banyak tahapan sehingga tingkat efisiensi rendah. Oleh karena itu, metode *average based fuzzy time series markov chain* menggabungkan kelebihan dari *average based* dengan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) pada pengelompokan data sehingga penentuan interval menjadi efektif dan dapat menentukan nilai probabilitas tertinggi. Penerapan metode *average based* selain dapat digunakan pada metode *fuzzy time series markov chain* juga dapat digunakan pada metode algoritma novel

fuzzy time series. Metode tersebut diterapkan dalam meramalkan suatu keadaan dengan data yang sering digunakan yaitu Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), data manajemen keuangan, dan perkembangan harga pangan misalnya beras (Yudaruddin, 2019).

Posisi beras sebagai bahan makanan pokok mengakibatkan komoditas ini menjadi salah satu indikator pertumbuhan ekonomi maupun tingkat kemakmuran masyarakat (Yasrizal, 2016). Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat rata-rata produksi padi Indonesia pada tahun 2019 berkisar 54,60 juta ton GKG (Gabah Kering Giling) dengan konsumsi beras mencapai 154 kapita/tahun, sehingga menempatkan Indonesia sebagai konsumen beras terbesar dunia (BPS, 2019). Pembangunan pertanian diharapkan dapat menunjang terciptanya sektor pengolahan padi sebagai sektor yang dapat menyediakan kebutuhan pangan nasional. Pemerintah terus mengupayakan terciptanya swasembada beras dengan menjaga stabilitas pasokan dan harga beras agar mengurangi kerawanan pangan di kemudian hari (Nelly, dkk, 2018). *Food and Agriculture Organization* (FOA) menyatakan awal tahun 2018 harga beras Indonesia masih relatif tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata harga beras internasional. Status perdagangan Indonesia sama dengan Filipina akan tetapi harga beras di Filipina relatif lebih rendah, yaitu USD 0,82 per kilogram dengan harga beras Indonesia mencapai USD 1,01 per kilogram (Hermawan dan Budiyan, 2017).

Secara umum harga pangan dunia terbilang wajar paling kurang sampai Maret 2020, namun semenjak jalur perdagangan internasional terhambat akibat penyebaran SARS-CoV-2 virus penyebab pandemi Covid-19 memicu negara-negara di dunia berusaha memenuhi kebutuhan pangan dalam negeri. Data *Food*

and Agriculture Organization (FOA) harga pangan mulai mengalami peningkatan sejak Oktober 2019 hingga Januari 2020, kemudian mulai melandai pada bulan Februari dan Maret 2020. Hasil analisis secara spesifik *rice price index* komoditas pangan utama seperti beras mulai mengalami peningkatan sebesar 3% dalam tiga bulan terakhir yaitu bulan Januari hingga Maret 2020. Penyebab ketidakstabilan harga beras dikarenakan produksi beras yang selalu meningkat mengikuti musim tanam. Mahalnya produksi padi yang tinggi merupakan akibat dari skala usaha yang terbilang kecil dan tingginya kesenjangan pemasaran beras (Hirawan dan Verselita, 2020). Harga beras yang tidak stabil jelas dapat menimbulkan masalah. Indikasi harga jual yang tinggi di pasaran bukan berarti akan menguntungkan petani dan merugikan konsumen. Harga beras yang rendah menyebabkan tingkat kesejahteraan petani menurun, sedangkan apabila harga beras tinggi dikhawatirkan menimbulkan rawan pangan terlebih untuk masyarakat menengah ke bawah (Nelly, dkk, 2018). Oleh karena itu, untuk menekan harga beras supaya tetap stabil yaitu dengan melakukan peramalan atau prediksi terhadap rata-rata harga beras di Indonesia pada masa mendatang (Fardhani, dkk, 2018).

Penelitian mengenai *fuzzy time series* telah dilakukan sebelumnya, antara lain oleh Hilal Guney, Mehmet Akif Bakir, Cagdas Hakan Aladag (2017) yaitu *fuzzy time series markov chain* menggunakan deret waktu musiman pada kuartalan produksi bir Amerika Serikat dan jumlah turis asing yang mengunjungi Turki menghasilkan transisi matriks yang lebih akurat. Maharni (2019) membahas metode *fuzzy time series markov chain* berdasarkan *average based* yang dibandingkan dengan *fuzzy time series markov chain* berdasarkan *gauss membership function* pada data inflasi Indonesia. Hasil penelitian terbukti bahwa

metode *average based* memiliki tingkat keakuratan lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode *gauss membership function*. Woo-Joo Lee, Jung Hye-Young, Jin Hee Yoon, dan Seung Hoe Choi (2017) mengembangkan *fuzzy time series* menggunakan algoritma novel berdasarkan *F-Transform* untuk meramalkan pendaftaran mahasiswa baru universitas Alabama Taiwan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini lebih unggul jika dibandingkan metode yang lain.

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dikaji “Perbandingan Tingkat Akurasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* (Studi Kasus: Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia).” Penelitian ini diharapkan pemerintah dapat sedini mungkin menentukan kebijakan yang tepat terkait harga beras, mengingat pentingnya pencegahan atas kemungkinan terburuk akibat ketidakstabilan harga beras. Oleh karena itu, setiap kenaikan dan penurunan harga beras di masa mendatang dapat diantisipasi oleh masyarakat, baik dari konsumen maupun pelaku bisnis sehingga dapat dilakukan pengontrolan harga beras di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana hasil perhitungan metode *average based fuzzy time series markov chain* dalam meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras di Indonesia?
2. Bagaimana hasil perhitungan metode algoritma novel *fuzzy time series* dalam meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras di Indonesia?

3. Bagaimana perbandingan tingkat akurasi metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* dalam meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras di Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui hasil perhitungan fluktuasi harga beras di Indonesia menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain*.
2. Mengetahui hasil perhitungan fluktuasi harga beras di Indonesia menggunakan metode algoritma novel *fuzzy time series*.
3. Mengetahui perbandingan tingkat akurasi fluktuasi harga beras di Indonesia menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

Menambah pengetahuan mengenai konsep teori dari metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* sebagai alternatif dalam meramalkan data rata-rata harga beras di indonesia.

2. Bagi Pembaca

Menjadi salah satu sumber literasi apabila ingin melakukan pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

3. Bagi Instansi

Meningkatkan peran serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dalam pengembangan wawasan keilmuan matematika dan statistika sebagai bahan rujukan serta informasi data rata-rata harga beras di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan atau grosir pada Januari 2015 sampai Maret 2021.
2. Perhitungan tingkat keakuratan dalam penelitian ini menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).
3. Hasil perhitungan keakuratan antara metode *average based fuzzy time series markov chain* dibandingkan dengan algoritma novel *fuzzy time series*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini disusun secara sistematis di dalamnya dikemukakan beberapa hal dari setiap bab seperti yang tercantum berikut ini:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan dasar teori yang mendukung penyelesaian penelitian diantaranya: peramalan (*forecasting*), *time series*, *fuzzy time series*, *fuzzy time series markov chain*, algoritma novel *fuzzy time series*, fluktuasi harga beras, dan kajian peramalan dalam islam.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian yaitu pendekatan penelitian, jenis dan sumber data, teknik analisis data, dan *flowchart* penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan tentang perhitungan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* dalam meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras di Indonesia, serta perbandingan tingkat akurasi dari kedua metode.

BAB V Penutup

Bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan merupakan cara memperkirakan suatu kejadian yang akan terjadi di masa mendatang secara masuk akal berdasarkan data yang relevan di masa lalu, sehingga dapat memberikan objektivitas yang akurat. Cara pengerjaan metode peramalan yang teratur dan terarah dimungkinkan dapat memberikan teknik analisis yang lebih maju (Admirani, 2018). Peramalan sebagai input dasar dari proses pengambilan keputusan perlu disesuaikan dengan karakteristik tiap metode dan sistem perencanaan peramalan. Konteks peramalan telah dikembangkan dalam berbagai pemilihan waktu peramalan, pola antar data, dan penentuan hasil peramalan dari penyesuaian data sebenarnya. Metode peramalan diharapkan mampu meningkatkan keyakinan akan tingkat kepercayaan dari penyimpangan atau deviasi yang diuji secara ilmiah baik kualitatif dan kuantitatif. Peramalan umumnya dikategorikan menurut berbagai aspek dan sudut pandang, apabila ditinjau dari aspek jangka waktu peramalan dapat dibedakan menjadi tiga macam, diantaranya (Wiharja, 2020).

1. Peramalan jangka pendek

Peramalan jangka pendek adalah peramalan yang memerlukan waktu berkisar satu tahun kedepan atau bisa kurang dari satu tahun untuk pengambilan keputusan yang berkaitan dengan peramalan pendapatan, perlu dan tidaknya lembur dan lain sebagainya.

2. Peramalan jangka menengah

Peramalan jangka pendek adalah peramalan yang memerlukan waktu

dengan rentang satu tahun hingga lima tahun mendatang untuk pengambilan keputusan mengenai perencanaan anggaran, penentuan biaya produksi dan lain sebagainya.

3. Peramalan jangka panjang

Peramalan jangka menengah adalah peramalan yang memerlukan waktu lebih dari lima tahun mendatang untuk pengambilan keputusan yaitu mengenai pengeluaran biaya dan studi kelayakan pabrik.

2.2 Time Series

Time series atau runtun waktu adalah rangkaian pengamatan mengenai data terurut yang dianalisa menggunakan pola keterhubungan antara variabel penelitian dengan variabel waktu yang dicatat secara beruntun (Wei, 2006). Prinsip dasar *time series* yaitu adanya hubungan antara pengamatan saat ini (Z_t) yang dipengaruhi oleh beberapa pengamatan terdahulu (Z_{t-k}). Analisis *time series* merupakan metode statistika untuk meramalkan probabilitas suatu peristiwa di masa mendatang dalam pengambilan keputusan. Tujuan analisis data *time series* yaitu memaksimalkan sistem kendali dan menginterpretasi segala perubahan data selama satu periode menggunakan data dimasa lalu untuk meramalkan nilai variabel di masa mendatang. Peramalan menggunakan *time series* perlu memperhatikan tipe atau pola antar data, jenis data yang dijumpai sehari-hari dikumpulkan sesuai interval baik harian, mingguan, atau bulanan yang nantinya dapat dilihat pola data agar didapatkan metode yang tepat dan hasil prediksi yang akurat (Hanke & Wichern, 2009). Apabila ditinjau dari pola data *time series* terdiri dari empat macam, diantaranya:

1. Tipe horizontal

Data horizontal adalah data pengamatan yang dapat berubah sesuai tingkatan dengan rata-rata konstan yang bersifat acak namun sangat mempengaruhi setiap kenaikan data *time series*. Contohnya adalah penjualan produk yang setiap bulannya dapat meningkat, menurun, atau tetap.

2. Tipe data musiman

Data musiman adalah data yang ditandai adanya proses fluktuasi permintaan diatas atau dibawah garis *trend* ketika melakukan pengamatan yang disebabkan oleh musiman secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, dan mingguan atau harian yang prosesnya dapat berulang secara otomatis dari tahun ke tahun. Contohnya pembelian perlengkapan alat tulis yang meningkat ketika memasuki ajaran baru.

3. Tipe data *trend*

Data *trend* adalah data yang memiliki kecenderungan arah, baik meningkat atau menurun dalam jangka waktu yang panjang ketika dilakukan pengamatan.

4. Tipe data *cyclical*

Data *cyclical* adalah data yang ditandai adanya proses fluktuasi disekitar garis *trend*. Contohnya data pada topik ekonomi dan bisnis, dimana suatu gerakan dianggap sebagai siklus apabila timbul kembali setelah jangka waktu lebih dari satu tahun.

2.3 Fuzzy Time Series

Fuzzy time series merupakan salah satu metode *time series* menggunakan konsep dasar logika *fuzzy*. Teknik peramalan metode *fuzzy time series* ini mencari pola data historis untuk memprediksi data yang akan datang dalam bentuk variabel linguistik. Song Chissom pada tahun 1993 pertama kali memperkenalkan metode *fuzzy time series* yang digunakan untuk meramalkan jumlah pendaftar di universitas Alabama. Perbedaan antara *fuzzy time series* dengan metode *time series* pada umumnya yaitu nilai peramalan mencakup himpunan *fuzzy* dari bilangan real pada himpunan semesta. Terdapat beberapa definisi yang berkaitan dengan *fuzzy time series* (Muhammad, 2018):

Definisi 1

Misalkan U adalah himpunan semesta, dengan $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, maka himpunan *fuzzy* A_i dari U didefinisikan sebagai berikut:

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_n} \quad (2.1)$$

Dengan f_{A_i} adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i sehingga $f_{A_i}: U \rightarrow [0,1]$ dan $f_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan dari u_i dalam himpunan *fuzzy* A_i , sehingga $f_{A_i}(u_i) \in [0,1]$ dan $i = 1, 2, \dots, n$.

Definisi 2

Misalkan $Y_{(t)}, t = \dots, 0, 1, \dots$ subset dari R didefinisikan himpunan *fuzzy* yang terdiri $A_i(t), i = 1, 2, \dots$ Apabila $F_{(t)}$ memiliki anggota yang terdiri dari himpunan $A_1(t), A_2(t), \dots$, maka $F_{(t)}$ disebut sebagai *fuzzy time series* pada $Y_{(t)}$.

Definisi 3

Jika terdapat hubungan *fuzzy* $R_{(t-1,t)}$ sehingga $F_{(t)} = F_{(t-1)} \circ R_{(t-1,t)}$ dimana $' \circ '$

merupakan operator komposisi, dengan $R_{(t-1,t)}$ adalah matriks relasi untuk menggambarkan hubungan *fuzzy* antara $F_{(t-1)}$ dan $F_{(t)}$ maka dapat dikatakan $F_{(t)}$ akibatkan oleh $F_{(t-1)}$.

Definisi 4

Misalkan $F_{(t)} = A_j$ dipengaruhi $F_{(t-1)} = A_i$, maka hubungan di antara $F_{(t)}$ dengan $F_{(t-1)}$ disebut *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang dapat dinotasikan $A_i \rightarrow A_j$ dimana A_i adalah sisi kiri (*current state*) dan A_j disebut sisi kanan (*next state*) dari FLR.

Definisi 5

Menurut Song dan Chissom dalam Tsaur (2012) apabila terdapat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan himpunan *fuzzy* yang sama pada *state* A_2 maka transisi menuju *state* yang lain $A_j, j = 1, 2, \dots, n$ seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$ dapat dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) sebagai berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_2, A_3 \quad (2.2)$$

Banyak model yang dapat digunakan untuk menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Perkembangan metode *fuzzy time series* yang dahulu dikemukakan oleh Song dan Chissom (1993), dimodifikasi kembali oleh Chen (1996) menjadi lebih sederhana dengan menghapus operasi matriks menjadi model aritmatika. Berikut tahap penelitian menurut Chen (1996):

1. Menentukan U sebagai himpunan semesta dari data historis yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} - D_2] \quad (2.3)$$

dimana D_{min} dan D_{max} merupakan data terkecil dan data terbesar dari himpunan semesta U , dengan D_1 dan D_2 merupakan bilangan acak dari himpunan semesta yang bernilai positif.

2. Mempartisi menjadi beberapa interval sama panjang.

Menentukan interval dapat dilakukan dengan menghitung banyaknya partisi data dengan membagi himpunan semesta U menjadi beberapa sub interval sama panjang dan mengelompokkan data sesuai dengan kelasnya. Menentukan interval bisa dengan cara menghitung basis rata-rata dari setengah hasil rata-rata nilai selisih antara data historis kemudian dibulatkan atau yang biasa disebut metode *average based*. Cara lain bisa menggunakan metode *sturgges* dengan mengurangi nilai terkecil D_{min} dan menambahkan nilai terbesar D_{max} . Setelah mendapatkan interval dari pembagian himpunan semesta U maka dapat dihitung nilai tengah dari setiap interval yang dapat didefinisikan dengan rumus:

$$m_i = \frac{(D_1 + D_2)}{2} \quad (2.4)$$

3. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk himpunan semesta U .

Himpunan *fuzzy* A_i merupakan nilai linguistik dari data penelitian yang diwakili himpunan *fuzzy* A_i dengan $1 \leq i \leq n$. Jumlah nilai linguistik yang ditentukan menjadi himpunan *fuzzy* tidak memiliki batasan khusus, namun setiap himpunan *fuzzy* $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ perlu didefinisikan agar mempermudah jumlah n interval, yaitu $u_1 = [d_1; d_2], \dots, u_n = [d_n; d_{n+1}]$. Menurut Vivianti (2020), menentukan himpunan *fuzzy* A_i yang sesuai dengan interval yang telah di partisi dari himpunan semesta U dapat

ditentukan berdasarkan persamaan $A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_n}$ dimana

$A_1, A_2, \dots, A_n$ didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_n\} \\
 A_2 &= \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_n\} \\
 A_3 &= \{0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_n\} \\
 &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \dots \quad \quad \quad \vdots \\
 A_{50} &= \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{n-1} + 0/u_n\}
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

u_i merupakan anggota himpunan *fuzzy* ke- i dengan simbol "/" menyatakan derajat keanggotaan u_i terhadap $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ yang bernilai 0, 0.5, atau 1 dimana $1 \leq i \leq n$, n adalah banyaknya himpunan *fuzzy*. Aturan untuk menentukan derajat keanggotaan u_i adalah sebagai berikut:

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{u_{ij}} \tag{2.6}$$

dimana μ_{ij} merupakan derajat keanggotaan u_{ij} pada A_i yang ditentukan sebagai berikut:

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1 & ; i = j \\ 0,5 & ; j = i - 1 \text{ atau } i = j - 1 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases} \tag{2.7}$$

Berikut ini terdapat beberapa aturan, diantaranya:

Aturan 1. Apabila data historis (Y_t) merupakan u_i , maka derajat keanggotaan u_i adalah 1. u_{i+1} adalah 0,5 dan lainnya adalah 0.

Aturan 2. Apabila data historis (Y_t) merupakan u_i , $1 < i < n$, maka derajat keanggotaan u_i adalah 1. u_{i+1} adalah 0,5 dan lainnya adalah 0.

Aturan 3. Apabila data historis (Y_t) merupakan u_n , maka derajat keanggotaan u_n adalah 1. u_{n-1} adalah 0,5 dan lainnya adalah 0.

4. Melakukan fuzzifikasi data.

Tahap fuzzifikasi bertujuan mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik menggunakan nilai keanggotaan dalam basis himpunan *fuzzy* dengan mengelompokkan data kedalam himpunan *fuzzy* A_i sesuai interval yang telah diperoleh, supaya dapat ditentukan derajat keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy* ($1 \leq i \leq n$).

5. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dari hasil fuzzifikasi.

Fuzzy logical relationship (FLR) merupakan hubungan setiap data dengan data selanjutnya dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Jika $F(t-1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$, maka hubungan FLR dapat ditulis dengan $A_i \rightarrow A_j$. A_i yang terletak pada sisi kiri *relationship* disebut sebagai *current state* atau kejadian saat ini dan A_j yang berada pada sisi kanan *relationship* disebut sebagai *next state* atau kejadian berikutnya, apabila terjadi perulangan maka hanya dihitung satu kali.

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

Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) merupakan pengelompokan dari *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan hubungan antara *current state* dan *next state* yang sama dan berulang, kemudian dikelompokkan menjadi satu grup. Setiap *next state* yang sama tidak dimasukan berulang kali melainkan dihitung menjadi satu *next state*.

7. Defuzzifikasi.

Membuat peramalan menggunakan himpunan *fuzzy* dan defuzzifikasi hasil peramalan dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1. Apabila terdapat himpunan *fuzzy* A_i dan FLR pada FLRG yaitu $A_i \rightarrow A_j$, hanya ada satu FLR, maka hasil peramalan $F_{(t)}$ yaitu m_j atau titik tengah interval u_j .

$$F_{(t)} = m_j \quad (2.8)$$

Aturan 2. Apabila terdapat himpunan *fuzzy* A_i dan FLR pada FLRG adalah kosong, anggap $(A_i \rightarrow \emptyset)$, maka hasil peramalan $F_{(t)}$ yaitu m_i atau titik tengah interval u_i .

$$F_{(t)} = m_i \quad (2.9)$$

Aturan 3. Apabila terdapat himpunan *fuzzy* A_i dan FLR pada FLRG yaitu $A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_k$, maka hasil peramalan $F_{(t)}$ yaitu $\frac{m_1 + m_2 + \dots + m_k}{k}$ dimana $m_1, m_2, \dots, m_k$ berturut-turut merupakan rata-rata nilai tengah dari interval $u_1, u_2, \dots, u_k$.

$$F_{(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{k} \quad (2.10)$$

2.4 Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain

Fuzzy time series markov chain merupakan salah satu pengembangan metode *fuzzy time series* dengan *markov chain*. Tujuan dari pengembangan *fuzzy time series markov chain* yaitu mendapatkan probabilitas terbesar menggunakan matriks probabilitas transisi, agar memperoleh nilai akurasi yang lebih baik dibandingkan metode *fuzzy time series*. Peramalan menggunakan *fuzzy time series markov chain* menurut Tsaur (2012) terdiri dari 6 langkah peramalan seperti *fuzzy time series* pada umumnya, kemudian dikembangkan kembali mulai langkah ke 7 hingga ke 11 menggunakan *fuzzy time series markov chain* dengan langkah-langkah sebagai berikut (Nurkhasanah, dkk (2015):

1. Membentuk himpunan semesta U , untuk menentukan data minimum dan data maksimum dari data historis agar mendapatkan D_{min} dan D_{max} dengan menggunakan Persamaan (2.3) dengan D_1 dan D_2 adalah bilangan positif yang sesuai.
2. Membentuk interval dengan menghitung jumlah partisi setiap interval menggunakan metode *average based*. *Average based* merupakan salah satu algoritma pada metode *fuzzy time series* untuk menentukan interval berdasarkan rata-rata. Menurut penelitian Xihao dan Yimin (2008), penentuan interval menggunakan metode *average based* memberikan hasil peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan metode pembagian interval yang lainnya. Perhitungan rata-rata berbasis panjang interval ditetapkan menjadi setengah dari rata-rata selisih pertama. Proses penentuan interval dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Noh, dkk, 2015):
 - a. Menghitung keseluruhan selisih nilai absolute antara A_{i+1} dan A_i ($i = 1 \dots, n - 1$) sehingga didapatkan rata-rata dari selisih nilai absolute:

$$Mean = \frac{\sum_{i=1}^n |D_t - D_{t-1}|}{n - 1} \quad (2.11)$$

Keterangan:

Mean = Nilai rata-rata.

n = Jumlah pengamatan.

D_t = Data ke- t .

D_{t-1} = Data ke $t - 1$.

- b. Menghitung setengah dari rata-rata selisih nilai absolute yang telah didapatkan pada langkah pertama menjadi panjang interval, sesuai dengan rumus:

$$\ell = \frac{Mean}{2} \quad (2.12)$$

dengan ℓ panjang interval.

- c. Menentukan panjang interval sesuai basis intervalnya berdasarkan pada panjang interval dari langkah kedua. Basis dari panjang interval dapat ditentukan sesuai dengan tabulasi basis. Tabel (2.1) menjelaskan tentang panjang jangkauan dan basisnya, lebih jelasnya ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Basis Interval

Basis Interval	
Jangkauan	Basis
0.1 – 1.0	0.1
1.1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100

- d. Bulatkan panjang interval menurut basis intervalnya sesuai pada Tabel (2.1).

3. Menentukan jumlah interval *fuzzy* dapat dihitung dengan persamaan:

$$n = \frac{[(D_{max} + D_1 - D_{min} + D_2)]}{I} \quad (2.13)$$

Kemudian himpunan semesta U dipartisi menjadi interval n dan panjang interval I , dengan setiap interval dapat diperoleh sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= [D_{min} - D_1, D_{min} - D_1 + I] \\
 u_2 &= [D_{min} - D_1 + I, D_{min} - D_1 + 2I] \\
 &\dots \\
 u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - 1)I, D_{min} - D_1 + nI]
 \end{aligned} \quad (2.14)$$

4. Menentukan himpunan *fuzzy*. Pendefinisian himpunan *fuzzy* dilakukan untuk mengetahui nilai keanggotaan pada setiap himpunan *fuzzy* dengan

menggunakan Persamaan (2.5) hingga Persamaan (2.7). Himpunan *fuzzy* A_i menyatakan variabel linguistik $1 \leq i \leq n$ dengan nilai keanggotaan yang disederhanakan diantara nilai 0, 0.5, dan 1.

5. Menentukan fuzzifikasi. Fuzzifikasi bertujuan untuk mengubah variabel numerik menjadi linguistik menggunakan nilai keanggotaan himpunan *fuzzy*.
6. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) sesuai hubungan antar setiap urutan data setiap data dengan data selanjutnya.
7. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) berdasarkan pengelompokkan hubungan antar *state* ke *state* yang sama.
8. Menghitung nilai matriks probabilitas transisi pada langkah sebelumnya menggunakan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Matriks probabilitas transisi markov berdimensi $p \times p$, dimana p jumlah keseluruhan dari himpunan *fuzzy*. Sehingga probabilitas transisi *state* dapat dirumuskan:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_i} \quad (2.15)$$

Keterangan:

P_{ij} = Probabilitas transisi dari *state* A_i ke A_j

r_{ij} = Jumlah transisi *state* A_i ke A_j

r_i = Jumlah data pada *state* A_i

matriks probabilitas transisi P adalah:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1p} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & P_{pp} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Beberapa definisi pada matriks P (Aristyani & Sugiharti, 2015) yaitu:

- a. Jika $P_{ij} \geq 0$ maka *state* A_j dapat diakses dari *state* A_i .

- b. Jika *state* A_i dan A_j saling berhubungan satu dengan yang lain maka A_i berkomunikasi dengan A_j .
9. Menghitung peramalan awal, yang dihasilkan berdasarkan FLR, FLRG, dan matriks probabilitas transisi yang telah diperoleh. Peramalan awal F_t dengan $t = 1, 2, 3, \dots, N$ nilai hasil peramalan pada F_t dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa aturan sebagai berikut:

Aturan 1. Apabila terdapat FLRG dari himpunan *fuzzy* A_i yaitu himpunan kosong $A_i \rightarrow \emptyset$, dengan periode data $(t - 1)$ pada A_i , maka hasil peramalan F_t adalah $m_{i(t-1)}$ nilai tengah interval u_i yang berada pada FLRG data $t - 1$.

Aturan 2. Apabila terdapat FLRG dari himpunan *fuzzy* A_i adalah satu-satu $A_i \rightarrow A_p$, dengan $P_{ip} = 1$ dan $P_{ij} = 0, j \neq p$, maka $Y_{(t-1)}$ dari periode data $(t - 1)$ pada *state* A_i , maka hasil peramalan F_t adalah $m_{p(t-1)}$, dimana $m_{p(t-1)}$ nilai tengah interval u_p dari FLRG.

Aturan 3. Apabila terdapat FLRG dari himpunan *fuzzy* A_i adalah suku banyak $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_q$ dengan periode data $(t - 1)$ pada A_i , hasil peramalan F_t adalah.

$$F_t = m_{i(t-1)}P_{j1} + m_{i(t-1)}P_{j2} + \dots + m_{j-1(t-1)}P_{j-1(j-1)} + Y_{(t-1)}P_{jj} + m_{j+i(t-1)}P_{j(j+1)} + \dots + m_{q(t-1)}P_{jq} \quad (2.17)$$

dimana, m_{j-1}, m_{j+i} adalah nilai tengah u_{j-1} dan F_t adalah nilai dari *state* A_i pada waktu $(t - 1)$.

10. Menyusun kecenderungan nilai peramalan. Menyesuaikan kecenderungan nilai peramalan dilakukan untuk memperbaiki error atau memperkecil

kesalahan peramalan. Beberapa penyesuaian untuk meninjau kembali kesalahan peramalan dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1. Apabila terdapat *state* A_i masih berkomunikasi dengan A_i , diawali *state* A_i dengan periode data $(t - 1)$ pada $F_{t-1} = A_i$, serta dapat membentuk transisi naik ke *state* A_j dengan periode t yang mana $i < j$. Sehingga nilai kecenderungan D_t dapat ditulis:

$$D_{t1} = \frac{l}{2} \quad (2.18)$$

Keterangan:

l merupakan panjang interval

Aturan 2. Apabila terdapat *state* A_i masih berkomunikasi dengan A_i , diawali *state* A_i dengan periode data $(t - 1)$ pada $F_{t-1} = A_i$, serta dapat membentuk transisi yang menurun ke *state* A_j dengan periode t yang mana $i > j$. Sehingga nilai kecenderungan D_t dapat ditulis:

$$D_{t1} = -\frac{l}{2} \quad (2.19)$$

Aturan 3. Apabila nilai transisi diawali *state* A_i dengan periode data $(t - 1)$ pada $F_{t-1} = A_i$, serta dapat membentuk transisi yang melompat maju ke *state* A_{i+s} dengan periode t dimana $i \leq s \leq p - i$. Sehingga nilai kecenderungan D_t dapat ditulis:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right)s \quad (2.20)$$

Keterangan:

s merupakan jumlah lompatan maju

Aturan 4. Apabila nilai transisi diawali *state* A_i dengan periode data

$(t - 1)$ pada $F_{t-1} = A_i$, serta dapat membentuk transisi yang melompat mundur dengan *state* A_{i-v} dengan periode t yang mana $1 \leq v \leq i$. Sehingga nilai kecenderungan D_t dapat ditulis:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right)s \quad (2.21)$$

Keterangan:

l merupakan jumlah lompatan mundur.

11. Membuat hasil peramalan akhir dari kecenderungan nilai peramalan yang telah disesuaikan. FLR yang dari himpunan *fuzzy* A_i adalah suku banyak dan *state* A_{i+1} yang diperoleh dari A_i yang mana *state* A_i berkaitan langsung dengan A_i maka hasil perhitungan:

$$F'(t) = F_t + D_{t1} + D_{t2} = F_t + \frac{l}{2} + \frac{l}{2} \quad (2.22)$$

Apabila terdapat FLR dari himpunan *fuzzy* A_i adalah suku banyak dan *state* A_{i+1} yang diperoleh dari A_i yang mana *state* A_i tidak berkaitan dengan A_i maka hasil perhitungan:

$$F'(t) = F_t + D_{t2} = F_t + \frac{l}{2} \quad (2.23)$$

Apabila terdapat FLR dari himpunan *fuzzy* A_i adalah suku banyak dan *state* A_{i-2} yang diperoleh dari A_i yang mana *state* A_i tidak berkaitan dengan A_i maka hasil perhitungan:

$$F'(t) = F_t - D_{t2} = F_t - \frac{l}{2} \times 2 = F_t - l \quad (2.24)$$

Saat b merupakan suatu lompatan, maka rumus dari $F'(t)$ yaitu:

$$F'(t) = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2} \quad (2.25)$$

2.5 Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

Algoritma novel merupakan salah satu pengembangan dari metode *fuzzy time series* yang diperkenalkan Jasim pada tahun 2012 yang mana proses prediksi menggunakan langkah-langkah yang hampir sama dengan metode *fuzzy time series* klasik pada umumnya. Perbedaan yang mendasari dengan metode sebelumnya adalah proses perhitungan pada langkah ke tujuh. Secara umum langkah-langkah prediksi menggunakan algoritma novel berdasarkan *fuzzy time series* menurut Jasim (2012) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta.
2. Mempartisi himpunan semesta U menjadi beberapa interval sama panjang.
3. Menentukan jumlah himpunan *fuzzy* berdasarkan interval yang telah di partisi.
4. Menentukan himpunan *fuzzy* dari keseluruhan himpunan semesta.
5. Memilih *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
6. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
7. Perhitungan hasil peramalan pada waktu t menggunakan beberapa ketentuan sebagai berikut:

Ketentuan 1. Apabila terdapat FLRG himpunan *fuzzy* A_i adalah kosong $A_i \rightarrow \emptyset$, maka hasil perhitungan berada di tengah interval A_i , dimana:

$$A_i = (d_{i-1}, d_i, d_{i+1}, d_{i+2}) \quad (2.26)$$

Ketentuan 2. Apabila terdapat FLRG himpunan *fuzzy* A_i adalah satu-satu $A_i \rightarrow A_1$, maka interval perhitungan peramalan dapat dinotasikan dengan A_j . Hasil peramalan untuk langkah pertama akan dibandingkan dengan nilai j dan i pada *current state* dan *next state*. Setelahnya tentukan nilai Y

menggunakan rumus:

$$Y = (D_t - D_{t-1}) - (D_{t-1} - D_{t-2}) \quad (2.27)$$

Menggunakan aturan sebagai berikut:

- a. Apabila $j > i$ dan $Y > 0$, maka perhitungan peramalan menggunakan aturan 2 akan cenderung naik.
- b. Apabila $j > i$ dan $Y < 0$, maka perhitungan peramalan menggunakan aturan 3 akan cenderung turun.
- c. Apabila $j < i$ dan $Y > 0$, maka perhitungan peramalan menggunakan aturan 2 cenderung akan naik.
- d. Apabila $j < i$ dan $Y < 0$, maka perhitungan peramalan menggunakan aturan 3 akan cenderung turun.
- e. Apabila $j = i$ dan $Y > 0$, maka perhitungan peramalan menggunakan aturan 2 akan cenderung naik.
- f. Apabila $j = i$ dan $Y < 0$, maka perhitungan peramalan menggunakan aturan 3 akan cenderung turun.

Adapun ketentuan yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan, diantaranya:

Aturan 1

Aturan 1 digunakan apabila Y tidak terpenuhi. Aturannya sebagai berikut:

- a. Apabila $x > \frac{A_j}{2}$ dengan $x = \frac{D_t - D_{t-1}}{2}$, maka perhitungan hasil peramalan perhitungan interval akan naik dan jatuh pada poin 0,75 dari interval A_j .
- b. Apabila $x = \frac{A_j}{2}$ maka perhitungan hasil peramalan merupakan nilai tengah interval A_j .

- c. Apabila $x < \frac{A_j}{2}$ maka hasil perhitungan peramalan pada poin 0,25 dari interval A_j cenderung turun dan jatuh.

Aturan 2

- a. Apabila $x \in A_j$ dengan $x = |Y| \times 2 + D_{t-1}$ atau $x = D_{t-1} - |Y|$, maka perhitungan hasil peramalan cenderung naik dan jatuh pada poin ke 0,75 di interval A_j .
- b. Apabila $x \in A_j$ dengan $x = \frac{|Y|}{2} + D_{t-1}$ atau $x = D_{t-1} - |Y| \times 2$, maka perhitungan hasil peramalan cenderung turun dan jatuh pada poin ke 0,25 di interval A_j .
- c. Apabila dari kedua kondisi tersebut masih belum terpenuhi maka nilai dari titik tengah di interval A_j merupakan hasil peramalan.

Aturan 3

- a. Apabila $x \in A_j$ dengan $x = \frac{|Y|}{2} + D_{t-1}$ atau $x = D_{t-1} - \frac{|Y|}{2}$, maka perhitungan hasil peramalan cenderung turun dan jatuh pada poin ke 0,25 di interval A_j .
- b. Apabila $x \in A_j$ dengan $x = |Y| \times 2 + D_{t-1}$ atau $x = D_{t-1} - |Y| \times 2$, maka perhitungan hasil peramalan cenderung naik dan jatuh pada poin ke 0,75 di interval A_j .
- c. Apabila dari kedua kondisi tersebut masih belum terpenuhi maka nilai dari titik tengah di interval A_j merupakan hasil peramalan.

Ketentuan 3. Apabila terdapat FLRG dari himpunan *fuzzy* A_i adalah suku banyak $A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_k$. maka didapatkan hasil peramalan sebagai berikut:

- a. Apabila selisih dari 2 $j_1, j_2, \dots, j_p, \leq 2$, maka hasil peramalan adalah nilai tengah dari interval tersebut.
- b. Apabila selisih dari 2 $j_1, j_2, \dots, j_p, \leq 2$, maka hasil peramalan FLR pada langkah ke-tujuh sesuai dengan aturan 2.

2.6 Pengujian Keakuratan

Pengujian tingkat keakuratan merupakan suatu kriteria untuk menentukan metode yang tepat saat melakukan prediksi dengan membandingkan akurasi dari nilai error yang paling kecil. Ketepatan peramalan merujuk pada *goodness of fit*, sehingga penentuan model peramalan selanjutnya dapat menghasilkan data yang telah diketahui sebelumnya. Metode perhitungan error dapat menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan metode perhitungan nilai error yang dibagi dengan total pengamatan pada periode yang sama, kemudian dihitung rata-rata persentase absolute error. Metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) baik digunakan apabila jumlah dari variabel peramalan menjadi faktor penting untuk melakukan evaluasi tingkat akurasi peramalan. Metode ini membuktikan seberapa besar error dalam peramalan jika membandingkan dengan nilai real. Rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menurut Tsaur (2012) adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F(t)|}{Y(t)} \times 100\% \quad (2.28)$$

Keterangan:

$Y(t)$ = Data aktual periode t .

$F(t)$ = Hasil peramalan pada periode t .

n = Banyak periode peramalan.

Kriteria tingkat keakuratan MAPE dianggap baik apabila memiliki nilai standar error kecil, semakin kecil nilai, semakin baik hasil peramalan. Kriteria MAPE disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.2 Kriteria MAPE

MAPE	Keterangan
10%	Sangat Baik
10% – 20%	Baik
20% – 50%	Cukup Baik
> 50%	Buruk

Metode lain yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan adalah *Mean Square Error* (MSE). *Mean Square Error* (MSE) merupakan salah satu metode untuk melihat keakuratan peramalan dengan setiap nilai error dikuadratkan, selanjutnya melakukan penjumlahan dari jumlah total pengamatan. Metode ini melakukan pengaturan error peramalan yang besar karena setiap kesalahan akan dikuadratkan. *Mean Square Error* (MSE) akan mendapatkan hasil dari banyak kesalahan sedang yang kemungkinan akan lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi terkadang juga menghasilkan perbedaan yang cukup signifikan. Rumus *Mean Square Error* (MSE) menurut Tsaur (2012) adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y(t) - F(t))^2 \quad (2.29)$$

Keterangan:

$Y(t)$ = Data aktual periode t .

$F(t)$ = Hasil peramalan pada periode t .

n = Banyak periode peramalan.

2.7 Beras

Beras merupakan bulir biji-bijian yang berasal dari tanaman padi yang sudah melewati proses penggilingan supaya terpisah dari kulit luarnya (sekam), dengan kata lain beras merupakan hasil terakhir dari produksi padi. Sebelum menjadi beras, tanaman padi diolah menjadi beberapa tahap, yaitu tahapan panen dan tahapan pasca panen padi (Kementan, 2015). Tahapan panen padi nantinya akan memproduksi beberapa jenis gabah sesuai dengan karakteristik bentuk fisik butir padi, contohnya jenis gabah konsumsi. Karakteristik dari gabah konsumsi yaitu, seluruh permukaan padi tampak menguning, disertai bulu-bulu pada seluruh bagian atas padi yang berwarna hijau, dan isi gabah yang umumnya keras namun mudah rapuh apabila dipecahkan. Sedangkan tahapan pasca panen akan memproduksi beras pecah kulit yaitu beras yang sudah melewati tahap pemisahan antara isi dengan kantung lembaga dan dapat dikonsumsi setelah menjadi beras giling.

Beras giling adalah beras yang sudah melewati tahap penghilangan sekam, kotiledon dan lapisan aleuron atau sering digunakan sebagai olahan nasi untuk dikonsumsi (Kementan, 2015). Beras dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu beras putih, beras ketan, dan beras merah. Beras tergolong dalam salah satu komoditas tanaman pangan paling strategis bagi negara di kawasan benua Asia, termasuk Indonesia yang mayoritas penduduknya menggunakan beras sebagai makanan pokok. Selain rasanya yang tawar, kandungan gizi pada beras umumnya cukup tinggi, yaitu mengandung karbohidrat sebanyak 360 kkal, protein sebanyak 6,8 gr, serta mineral yang mencakup kalsium sebanyak 6 mg dan zat besi sebanyak 0,8 mg. Kandungan karbohidrat pada beras didominasi oleh pati

dengan nilai 85% - 90% dan sebagian selulosa, hemiselulosa, pentose berkisar dan gula. Rata-rata lebih dari 50% masyarakat di seluruh dunia mengkonsumsi beras untuk mencukupi kebutuhan kalori utama (Astawan, 2004).

Beras merupakan komoditas pangan strategis yang berperan penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Pemerintah berkepentingan untuk mengendalikan harga dan pasokan beras dengan mengedepankan dan melindungi kebijakan harga beras yang berdampak langsung pada kesejahteraan petani. Standar yang ditetapkan Kementerian Perdagangan dalam Peraturan Menteri Perdagangan No. 24/2020 tentang Penetapan Harga Pembelian Pemerintah (HPP) yaitu untuk gabah kering panen (GKP) di tingkat petani sebesar Rp4.200/kg dan di tingkat penggilingan sebesar Rp4.250/kg, gabah kering giling (GKG) di tingkat penggilingan Rp5.250/kg dan di gudang Bulog sebesar Rp5.300/kg, dan beras di gudang Perum Bulog Rp8.300/kg. Selain itu, ketentuan HET beras di tingkat konsumen saat ini masih mengacu Peraturan Menteri Perdagangan No. 57 tahun 2017 dengan Harga Eceran Tertinggi (HET) untuk beras medium adalah Rp 9.450/kg, dan beras premium Rp 12.800/kg. Berdasarkan segi konsumsi, kelompok petani kecil di Indonesia adalah *net consumer* dalam usaha tani khususnya komoditas padi. Setiap kenaikan 10% dari harga beras mengakibatkan pertambahan 1% penduduk miskin atau bertambah lebih dari 2 juta orang (Malian, 2016). Stabilisasi harga bukan hanya upaya untuk mengendalikan inflasi dan konsumsi yang tidak terkontrol, namun sebagai pemacu bagi para petani dan produsen untuk selalu menanam padi.

2.8 Kajian Peramalan dalam Al-Qur'an

Konteks peramalan merupakan bagian awal dari proses pengambilan suatu keputusan karena fungsi dari peramalan adalah melihat masa depan. Peramalan memiliki peran penting dalam kehidupan sosial, mengingat segala sesuatu yang terjadi sehari-hari serba tidak pasti dan sukar diperkirakan secara tepat. Peramalan terdiri dari dua macam, yaitu peramalan ilmiah dan non ilmiah. Islam tidak melarang peramalan dengan catatan masih berlandaskan ilmu pengetahuan yang dianjurkan agama islam, salah satunya yaitu peramalan secara ilmiah. Tujuan dari peramalan yaitu mendapatkan perkiraan supaya meminimumkan kesalahan prediksi (*forecast error*) yang biasanya diukur dengan *mean square error* ataupun *mean absolute error*. Adanya peramalan diharapkan dapat meminimalisir ketidakpastian pada suatu permasalahan untuk setiap pengambilan keputusan yang menyangkut keadaan di masa yang akan datang, oleh karena itu pasti diperlukan peramalan yang melandasi pengambilan keputusan tersebut.

Sebagaimana yang dikisahkan dalam Al-qur'an dalam QS. Yusuf ayat 47-49, yang artinya:

"47. Yusuf berkata: "Supaya kamu bertanam tujuh tahun (lamanya) sebagaimana biasa; Maka apa yang kamu tuai hendaklah kamu biarkan dibulirnya kecuali sedikit untuk kamu makan. 48. Kemudian sesudah itu akan datang tujuh tahun yang amat sulit, yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya (tahun sulit), kecuali sedikit dari (bibit gandum) yang kamu simpan. 49. Setelah itu akan datang tahun, dimana manusia diberi hujan (dengan cukup) dan pada masa itu mereka memeras (anggur)".

Terjemahan tafsir Ibnu Katsir (Syaiikh, 1994) dari ayat tersebut menjelaskan makna ketika Nabi Yusuf menanggapi mimpi yang dialami oleh raja Fir'aun. Mimpi tersebut dijelaskan kembali oleh Nabi Yusuf, maka disusunlah rencana dan kebijakan untuk menyelamatkan Mesir dengan bercocok tanam dalam kurun waktu tujuh tahun secara berturut-turut sebagaimana umumnya bercocok tanam.

Musim paceklik akan terjadi dalam jangka waktu yang sangat lama, Nabi Yūsuf memerintahkan penduduknya untuk menyimpan hasil panen pada bulir tangkainya kecuali sedikit untuk dimakan. Hasil panen yang disimpan sebaiknya mengikuti cara yang telah disebutkan dalam Al-Qur'an (Bahri dan Jinan, 2020). Nabi Yusuf mengajarkan kepada masyarakatnya cara menyimpan hasil panen dengan cara yang ilmiah dan teknik yang ekonomis. Tafsir Ibnu Katsir (Syaiikh, 1994), Nabi Yusuf berkata “Biarkanlah biji itu berada di tangkainya, lalu simpanlah untuk menghadapi masa-masa paceklik”. Tanaman yang telah panen sebaiknya dibiarkan tetap pada tangkainya supaya dapat bertahan lama dan menghindari kebusukan ketika disimpan pada tempat yang aman, sebaliknya untuk memenuhi kebutuhan makan sehari-hari hanya perlu disisihkan sedikit dari hasil panen. Akibat setelah tujuh tahun dari masa subur, akan datang tujuh tahun musim kemarau yang sangat sulit, pada masa-masa itu mengakibatkan makanan yang telah disimpan akan habis kecuali dari apa yang telah kita sisihkan. Sesudah musim paceklik yang panjang terdapat kabar gembira akan datang tahun-tahun yang subur dan penduduk Mesir kembali membuat perasan anggur sebagaimana biasanya (Thalbah, 2008).

Konsep penyimpanan benih bertangkai yang berkualitas sesuai dengan penjelasan dalam QS. Yusuf [12]: 47-49, merupakan salah satu konsep peramalan dalam rangka memelihara kualitas hasil produksi di tengah situasi lingkungan yang kurang menguntungkan. Konsep ini mencakup pengolahan pertanian, konsep penyimpanan, dan pemeliharaan hasil-hasil produksi. Kesimpulan dari QS. Yusuf ayat 47-49 adalah ayat ini mengajarkan kepada kita untuk mengelola dan mengembangkan ekonomi pertanian dalam kurun waktu lima belas tahun untuk

mempersiapkan krisis pangan pada musim paceklik atau kekeringan. Menghadapi masalah ini nabi yusuf memberikan usulan dengan diadakannya perencanaan pembangunan pertanian guna memenuhi ketahanan pangan penduduk Mesir. Berkat perencanaan yang matang itulah Mesir dan daerah-daerah di sekitarnya turut mendapat berkahnya (Mukti, 2019).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan studi literatur dan analisis kuantitatif. Penelitian diawali dengan studi literatur, yaitu pengumpulan informasi dan pembelajaran referensi melalui bahan-bahan pustaka serta sumber informasi dari beberapa situs internet yang dapat dijadikan sebagai daftar rujukan dalam menyelesaikan penelitian. Pendekatan analisis kuantitatif berdasarkan informasi statistika untuk menguji tingkat akurasi dengan menggunakan uji data terhadap objek yang diteliti untuk menghasilkan kesimpulan yang dapat digeneralisasikan secara akurat.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder adalah sumber data penelitian yang datanya sudah ada, berupa buku, dokumen-dokumen, artikel-artikel, jurnal, kepustakaan ataupun situs internet baik berupa teori maupun data hasil publikasi lembaga pemerintahan yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian. Sumber data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) berupa data rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan besar atau grosir mulai bulan Januari 2015 sampai Maret 2021. Periode 2015 sampai 2021 dipilih karena pada periode tersebut mencerminkan kondisi perkembangan harga beras ketika terjadi fluktuasi pada pergerakan ekonomi, ditambah adanya penyebaran SARS-CoV-2 virus penyebab pandemi Covid-19 gelombang pertama yang menimbulkan gejala

pasar beras global pada Maret hingga April 2020 yang dikhawatirkan akan berakibat pada krisis pangan di Indonesia.

Data penelitian diambil secara online di situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) yaitu <http://bps.go.id> yang diakses pada tanggal 25 April 2021 pukul 22.50 WIB. Data yang telah terkumpul selanjutnya diseleksi, disusun, serta disajikan dalam tabel agar sesuai dengan data yang dibutuhkan. Data hasil penyeleksian ini nantinya akan dibandingkan menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* untuk meramalkan rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan atau grosir pada tahun 2015 sampai 2021.

3.3 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif, adapun data kuantitatif dianalisis menggunakan analisis statistik. Tahapan dalam penelitian dilakukan secara berurut menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* yang disusun secara sistematis supaya mendapatkan perbandingan akurasi prediksi antara data yang diperoleh dengan hasil yang didapat. Peneliti menggunakan alat bantu *Microsoft Excel* yaitu berupa *software* yang dirancang untuk mempermudah perhitungan dan pengolahan data. Secara umum tahapan dalam menganalisis data adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis deskriptif data.
 - a. Membentuk plot *time series* dari data.
 - b. Mendefinisikan hasil plot *time series* dari data.

2. Menghitung data menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain*.

Langkah-langkah *average based fuzzy time series markov chain*:

- a. Menentukan himpunan semesta U .

Menentukan himpunan semesta U adalah selisih data historis t dan $t - 1$, kemudian menentukan data minimum (D_{min}) dan data maksimum (D_{max}) dari himpunan semesta U yang dapat didefinisikan $U = [D_{min} - D_1, D_{max} - D_2]$ dengan D_1 dan D_2 merupakan bilangan positif yang sesuai.

- b. Menentukan interval menggunakan metode *average based*.
- c. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk himpunan semesta.
- d. Melakukan fuzzifikasi data historis.
- e. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
- f. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
- g. Menentukan matriks probabilitas transisi Markov.
- h. Menentukan nilai peramalan awal.
- i. Menghitung nilai penyesuaian pada hasil peramalan.
- j. Menghitung hasil peramalan yang telah disesuaikan.

3. Menghitung data menggunakan metode algoritma novel berdasarkan *fuzzy time series*.

Langkah-langkah algoritma novel *fuzzy time series*:

- a. Menentukan himpunan semesta U .

Menentukan himpunan semesta dilakukan untuk mendapatkan nilai

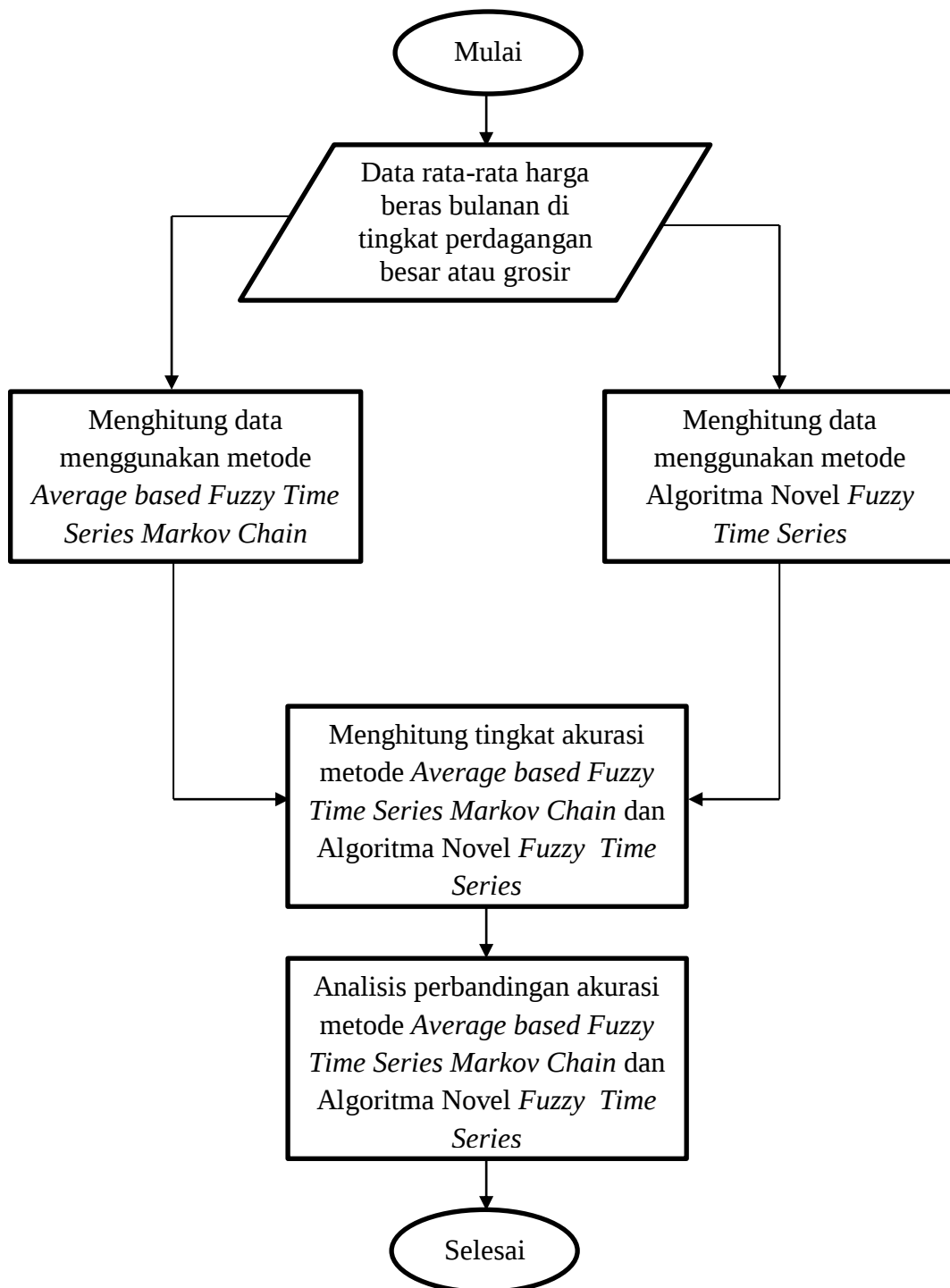
minimum dan maksimum di setiap data penjualan dengan menggunakan Persamaan (2.3).

- b. Menentukan panjang interval dari himpunan semesta menggunakan metode *average based*
 - c. Menentukan jumlah interval menggunakan Persamaan (2.13) dan membagi seluruh himpunan semesta U kedalam interval yang sudah diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2.14)
 - d. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U
 - e. Melakukan fuzzifikasi data historis
 - f. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)
 - g. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)
 - h. Menghitung hasil peramalan
4. Analisis perbandingan akurasi

Analisis perbandingan tingkat akurasi antara metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series* menggunakan uji keakuratan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sehingga dari kedua metode tersebut dapat diketahui metode perhitungan yang paling akurat untuk meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan besar atau grosir mulai bulan Januari 2015 sampai Maret 2021.

3.4 Flowchart Penelitian

Gambar 3.1 Flowchart Analisis Data

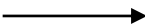


Keterangan:

 : Awal atau akhir suatu proses

 : Proses *input* atau *output* data

 : Proses suatu perhitungan atau operasi

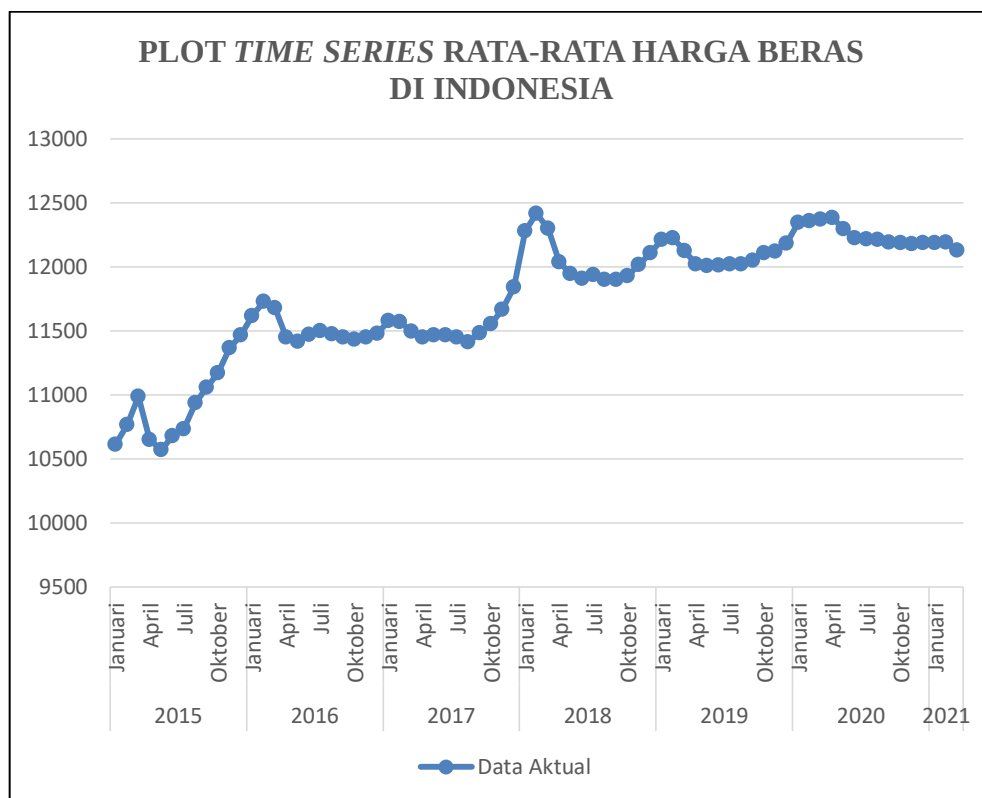
 : Arah aliran suatu proses

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif

Data yang diterapkan dalam penelitian ini merupakan data rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan besar atau grosir mulai bulan Januari 2015 hingga Maret 2021 dalam satuan Rp/Kg sejumlah 75 data. Data penelitian diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang dianalisis menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan algoritma novel *fuzzy time series*. Deskripsi data dapat dilihat pada Lampiran 1, sehingga didapatkan gambar plot *time series* sebagai berikut:



Gambar 4.1 Plot *Time Series* Data Rata-rata Harga Beras

Berdasarkan Gambar (4.1), dapat dilihat bahwa pola data rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia mulai bulan Januari 2015 sampai

bulan maret 2021 mengalami fluktuasi. Secara umum, rata-rata harga beras dari awal bulan Januari 2015 sampai bulan Maret 2021 berangsur meningkat dari tahun ke tahun, meskipun pada bulan-bulan tertentu harga beras sempat mengalami penurunan, artinya fluktuasi yang terjadi tidak terlalu signifikan. Rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia memiliki harga termurah dan termahal per tahunnya. Secara keseluruhan dari periode 2015 hingga 2021, harga beras termahal terdapat pada bulan Februari 2018 yaitu Rp. 12.414 sedangkan harga termurah pada bulan Mei 2015 yaitu Rp. 10.569. Harga beras berada di titik terendah setiap tahunnya pada bulan Mei, sedangkan harga beras berada di titik tertinggi pada bulan Februari di hampir setiap tahunnya. Persediaan beras pada Februari dan awal Maret semakin menipis sehingga menyebabkan harga beras meningkat pada bulan Februari. Hal tersebut disebabkan adanya periode puncak panen raya padi yang terjadi pada Maret dan April. Setelah panen raya terjadi, persediaan beras semakin banyak sehingga menyebabkan harga beras mulai menurun pada Mei.

4.2 Perhitungan Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam Meramalkan Fluktuasi Rata-Rata Harga Beras di Indonesia

Menurut Tsaur (2012) langkah-langkah peramalan rata-rata harga beras menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* adalah sebagai berikut:

Langkah 1. Menentukan himpunan semesta U dari data historis.

Berdasarkan data harga beras bulan Januari 2015 sampai maret 2021 didapatkan nilai minimum (D_{min}) pada bulan Mei 2015 yaitu 10.569 dan nilai maksimum (D_{maks}) pada bulan Februari 2018 yaitu 12.414. Nilai minimum (D_{min}) dan nilai

maksimum (D_{maks}) yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai D_1 dan D_2 yang merupakan bilangan positif yang sesuai, maka ditentukan nilai $D_1 = 69$ dan $D_2 = 86$. Persamaan himpunan semesta U dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= [D_{min} - D_1, D_{maks} + D_2] \\ &= [10.569 - 69, 12.414 + 86] \\ &= [10.500, 12.500] \end{aligned}$$

Langkah 2. Menentukan panjang interval (I).

Tahap ini bertujuan untuk mempermudah pembagian seluruh himpunan semesta U menjadi beberapa bagian sesuai dengan interval (n). Metode penentuan panjang interval yang digunakan adalah metode *average based*. Langkah pertama perhitungan *average based* adalah menghitung keseluruhan selisih nilai absolute antara D_{t+1} dan D_t ($t = 1, \dots, 75$), sehingga perhitungan rata-rata selisih nilai absolute dapat disajikan pada Lampiran 2. Mengacu pada Lampiran 2 didapatkan hasil rata-rata selisih nilai absolute yaitu 75, kemudian dapat dihitung setengah dari rata-rata selisih nilai absolute tersebut diperoleh 37,5. Berdasarkan Tabel (2.1) maka panjang jangkauan dan basis interval yang digunakan adalah 10 sehingga 37,5 dapat dibulatkan sesuai dengan basis interval, sehingga didapatkan panjang interval (I) yaitu 40.

Langkah 3. Menentukan jumlah interval.

Berdasarkan Persamaan (2.13) maka jumlah interval (m) dari seluruh himpunan semesta U adalah sebagai berikut:

$$m = \frac{D_{maks} + D_1 - D_{min} + D_2}{I}$$

$$= \frac{12414 + 69 - 10569 + 86}{40}$$

$$= 50$$

Sehingga didapatkan jumlah interval (m) dari himpunan semesta U untuk setiap data sebanyak 50 interval yaitu $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{50}$, dengan panjang interval adalah 40. Berdasarkan Persamaan (2.14) interval dari seluruh himpunan semesta U sebagai berikut:

Tabel 4.1 Interval Himpunan semesta

Interval (u)	Interval (u)	Interval (u)
$u_1 = [10.500; 10.540]$	$u_{18} = [11.180; 11.220]$	$u_{35} = [11.860; 11.900]$
$u_2 = [10.540; 10.580]$	$u_{19} = [11.220; 11.260]$	$u_{36} = [11.900; 11.940]$
$u_3 = [10.580; 10.620]$	$u_{20} = [11.260; 11.300]$	$u_{37} = [11.940; 11.980]$
$u_4 = [10.620; 10.660]$	$u_{21} = [11.300; 11.340]$	$u_{38} = [11.980; 12.020]$
$u_5 = [10.660; 10.700]$	$u_{22} = [11.340; 11.380]$	$u_{39} = [12.020; 12.060]$
$u_6 = [10.700; 10.740]$	$u_{23} = [11.380; 11.420]$	$u_{40} = [12.060; 12.100]$
$u_7 = [10.740; 10.780]$	$u_{24} = [11.420; 11.460]$	$u_{41} = [12.100; 12.140]$
$u_8 = [10.780; 10.820]$	$u_{25} = [11.460; 11.500]$	$u_{42} = [12.140; 12.180]$
$u_9 = [10.820; 10.860]$	$u_{26} = [11.500; 11.540]$	$u_{43} = [12.180; 12.220]$
$u_{10} = [10.860; 10.900]$	$u_{27} = [11.540; 11.580]$	$u_{44} = [12.220; 12.260]$
$u_{11} = [10.900; 10.940]$	$u_{28} = [11.580; 11.620]$	$u_{45} = [12.260; 12.300]$
$u_{12} = [10.940; 10.980]$	$u_{29} = [11.620; 11.660]$	$u_{46} = [12.300; 12.340]$
$u_{13} = [10.980; 11.020]$	$u_{30} = [11.660; 11.700]$	$u_{47} = [12.340; 12.380]$
$u_{14} = [11.020; 11.060]$	$u_{31} = [11.700; 11.740]$	$u_{48} = [12.380; 12.420]$
$u_{15} = [11.060; 11.100]$	$u_{32} = [11.740; 11.780]$	$u_{49} = [12.420; 12.460]$
$u_{16} = [11.100; 11.140]$	$u_{33} = [11.780; 11.820]$	$u_{50} = [12.460; 12.500]$
$u_{17} = [11.140; 11.180]$	$u_{34} = [11.820; 11.860]$	

Selanjutnya dihitung nilai tengah (m) setiap interval himpunan semesta U dengan Persamaan (2.4). Hasil nilai tengah (m) dari masing-masing himpunan semesta U adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai Tengah Himpunan semesta

Nilai Tengah	Nilai Tengah	Nilai Tengah	Nilai Tengah	Nilai Tengah
$d_1 = 10.520$	$d_{11} = 10.920$	$d_{21} = 11.320$	$d_{31} = 11.720$	$d_{41} = 12.120$
$d_2 = 10.560$	$d_{12} = 10.960$	$d_{22} = 11.360$	$d_{32} = 11.760$	$d_{42} = 12.160$
$d_3 = 10.600$	$d_{13} = 11.000$	$d_{23} = 11.400$	$d_{33} = 11.800$	$d_{43} = 12.200$
$d_4 = 10.640$	$d_{14} = 11.040$	$d_{24} = 11.440$	$d_{34} = 11.840$	$d_{44} = 12.240$
$d_5 = 10.680$	$d_{15} = 11.080$	$d_{25} = 11.480$	$d_{35} = 11.880$	$d_{45} = 12.280$
$d_6 = 10.720$	$d_{16} = 11.120$	$d_{26} = 11.520$	$d_{36} = 11.920$	$d_{46} = 12.320$
$d_7 = 10.760$	$d_{17} = 11.160$	$d_{27} = 11.560$	$d_{37} = 11.960$	$d_{47} = 12.360$

Lanjutan Tabel 4.2

Nilai Tengah	Nilai Tengah	Nilai Tengah	Nilai Tengah	Nilai Tengah
$d_8 = 10.800$	$d_{18} = 11.200$	$d_{28} = 11.600$	$d_{38} = 12.000$	$d_{48} = 12.400$
$d_9 = 10.840$	$d_{19} = 11.240$	$d_{29} = 11.640$	$d_{39} = 12.040$	$d_{49} = 12.440$
$d_{10} = 10.880$	$d_{20} = 11.280$	$d_{30} = 11.680$	$d_{40} = 12.080$	$d_{50} = 12.480$

Langkah 4. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U .

Berdasarkan jumlah interval yang diperoleh, maka interval yang digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i adalah 50 interval yaitu $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{50}$. Setiap himpunan *fuzzy* A_i untuk $1 \leq i \leq 50$ dapat didefinisikan menggunakan Persamaan (2.5). Berikut pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i yang terbentuk.

$$A_1 = \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_{50}\}$$

$$A_2 = \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_{50}\}$$

$$A_3 = \{0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_{50}\}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \dots \quad \quad \quad \vdots$$

$$A_{50} = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 1/u_{50}\}$$

Dimana u_i merupakan himpunan *fuzzy* ke- i dengan simbol "/" yang menyatakan derajat keanggotaan u_i terhadap $A_i = 1, 2, 3, \dots, 50$ yang bernilai 0, 0,5, atau 1. Misalkan A_1 adalah hasil fuzzifikasi yang diperoleh dari pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* (u_i) terhadap A_1 . Hasil pendefinisian derajat keanggotaan diperoleh u_1 sebesar 1, derajat keanggotaan u_2 sebesar 0,5 dan derajat keanggotaan u_3 sampai dengan u_{50} sebesar 0. Selain itu, tanda (+) dalam pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i tidak melambangkan operasi penjumlahan, namun melambangkan keseluruhan unsur-unsur u_i . Berdasarkan pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i , maka akan diperoleh hasil dari proses fuzzifikasi.

Langkah 5. Melakukan fuzzifikasi terhadap data historis.

Fuzzifikasi data merupakan proses menentukan nilai linguistik setiap data rata-rata harga beras yang semula berbentuk interval diubah kedalam bentuk nilai linguistik yang diperoleh dari pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i . Misalkan data bulan Januari 2015 yaitu 10.612 dimana data $t = 1$ terletak pada interval $u_3 = [10.580, 10.620]$. Himpunan *fuzzy* yang terbentuk pada u_3 mempunyai derajat keanggotaan maksimum sebesar 1 terhadap himpunan A_3 . Berdasarkan derajat keanggotaan maksimum tersebut, maka hasil fuzzifikasi data pada bulan Januari 2015 yang berada pada interval $[10.580, 10.620]$ adalah A_3 . Hasil fuzzifikasi data rata-rata harga beras yang dinotasikan ke dalam nilai linguistik sebagai berikut:

Tabel 4.3 Fuzzifikasi Data Historis

No	Bulan	Data	Fuzzifikasi	No	Bulan	Data	Fuzzifikasi
1	Jan-15	10.612	A_3	39	Mar-18	12.299	A_{45}
2	Feb-15	10.766	A_7	40	Apr-18	12.035	A_{39}
3	Mar-15	10.987	A_{13}	41	Mei-18	11.943	A_{37}
4	Apr-15	10.648	A_4	42	Jun-18	11.907	A_{36}
5	Mei-15	10.569	A_2	43	Jul-18	11.936	A_{36}
6	Jun-15	10.679	A_5	44	Agu-18	11.899	A_{35}
7	Jul-15	10.732	A_6	45	Sep-18	11.900	A_{36}
8	Agu-15	10.935	A_{11}	46	Okt-18	11.926	A_{36}
9	Sep-15	11.055	A_{14}	47	Nov-18	12.013	A_{38}
10	Okt-15	11.169	A_{17}	48	Des-18	12.106	A_{41}
11	Nov-15	11.365	A_{22}	49	Jan-19	12.211	A_{43}
12	Des-15	11.465	A_{25}	50	Feb-19	12.222	A_{44}
13	Jan-16	11.614	A_{28}	51	Mar-19	12.124	A_{41}
14	Feb-16	11.729	A_{31}	52	Apr-19	12.019	A_{38}
15	Mar-16	11.678	A_{30}	53	Mei-19	12.008	A_{38}
16	Apr-16	11.449	A_{24}	54	Jun-19	12.009	A_{38}
17	Mei-16	11.417	A_{23}	55	Jul-19	12.021	A_{39}
18	Jun-16	11.469	A_{25}	56	Agu-19	12.018	A_{38}
19	Jul-16	11.498	A_{25}	57	Sep-19	12.050	A_{39}
20	Agu-16	11.475	A_{25}	58	Okt-19	12.108	A_{41}
21	Sep-16	11.448	A_{24}	59	Nov-19	12.120	A_{41}
22	Okt-16	11.433	A_{24}	60	Des-19	12.183	A_{43}
23	Nov-16	11.45	A_{24}	61	Jan-20	12.343	A_{47}
24	Des-16	11.476	A_{25}	62	Feb-20	12.355	A_{47}

Lanjutan Tabel 4.3

No	Bulan	Data	Fuzzifikasi	No	Bulan	Data	Fuzzifikasi
25	Jan-17	11.579	A_{27}	63	Mar-20	12.368	A_{47}
26	Feb-17	11.571	A_{27}	64	Apr-20	12.382	A_{48}
27	Mar-17	11.494	A_{25}	65	Mei-20	12.293	A_{45}
28	Apr-17	11.449	A_{24}	66	Jun-20	12.224	A_{44}
29	Mei-17	11.465	A_{25}	67	Jul-20	12.213	A_{43}
30	Jun-17	11.465	A_{25}	68	Agu-20	12.212	A_{43}
31	Jul-17	11.448	A_{24}	69	Sep-20	12.189	A_{43}
32	Agu-17	11.411	A_{23}	70	Okt-20	12.187	A_{43}
33	Sep-17	11.482	A_{25}	71	Nov-20	12.179	A_{42}
34	Okt-17	11.552	A_{27}	72	Des-20	12.185	A_{43}
35	Nov-17	11.665	A_{30}	73	Jan-21	12.186	A_{43}
36	Des-17	11.838	A_{34}	74	Feb-21	12.191	A_{43}
37	Jan-18	12.276	A_{45}	75	Mar-21	12.127	A_{41}
38	Feb-18	12.414	A_{48}				

Langkah 6. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).

Penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) menggunakan data pada tahap fuzzifikasi yang sesuai pada Tabel (4.3). *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) merupakan hubungan antara setiap urutan data terhadap data berikutnya dalam bentuk himpunan *fuzzy*. *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dapat ditulis dengan $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah *state* saat ini (*current state*) dan A_j adalah *state* selanjutnya (*next state*) dari FLR. Misalkan data pada bulan Januari 2015 ($t = 1$) memiliki himpunan *fuzzy* A_3 dan data pada bulan Februari 2015 ($t = 2$) memiliki himpunan *fuzzy* A_7 , maka FLR yang diperoleh yaitu $A_3 \rightarrow A_7$. FLR dari keseluruhan data rata-rata harga beras dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.4 *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

No	Bulan	FLR	No	Bulan	FLR
1	Jan-15 $\rightarrow$ Feb-15	$A_3 \rightarrow A_7$	38	Feb-18 $\rightarrow$ Mar-18	$A_{48} \rightarrow A_{45}$
2	Feb-15 $\rightarrow$ Mar-15	$A_7 \rightarrow A_{13}$	39	Mar-18 $\rightarrow$ Apr-18	$A_{45} \rightarrow A_{39}$
3	Mar-15 $\rightarrow$ Apr-15	$A_{13} \rightarrow A_4$	40	Apr-18 $\rightarrow$ Mei-18	$A_{39} \rightarrow A_{37}$
4	Apr-15 $\rightarrow$ Mei-15	$A_4 \rightarrow A_2$	41	Mei-18 $\rightarrow$ Jun-18	$A_{37} \rightarrow A_{36}$
5	Mei-15 $\rightarrow$ Jun-15	$A_2 \rightarrow A_5$	42	Jun-18 $\rightarrow$ Jul-18	$A_{36} \rightarrow A_{36}$
6	Jun-15 $\rightarrow$ Jul-15	$A_5 \rightarrow A_6$	43	Jul-18 $\rightarrow$ Agu-18	$A_{36} \rightarrow A_{35}$
7	Jul-15 $\rightarrow$ Agu-15	$A_6 \rightarrow A_{11}$	44	Agu-18 $\rightarrow$ Sep-18	$A_{35} \rightarrow A_{36}$
8	Agu-15 $\rightarrow$ Sep-15	$A_{11} \rightarrow A_{14}$	45	Sep-18 $\rightarrow$ Okt-18	$A_{36} \rightarrow A_{36}$
9	Sep-15 $\rightarrow$ Okt-15	$A_{14} \rightarrow A_{17}$	46	Okt-18 $\rightarrow$ Nov-18	$A_{36} \rightarrow A_{38}$

Lanjutan Tabel 4.4

No	Bulan	FLR	No	Bulan	FLR
10	Okt-15 → Nov-15	$A_{17} \rightarrow A_{22}$	47	Nov-18 → Des-18	$A_{38} \rightarrow A_{41}$
11	Nov-15 → Des-15	$A_{22} \rightarrow A_{25}$	48	Des-18 → Jan-19	$A_{41} \rightarrow A_{43}$
12	Des-15 → Jan-16	$A_{25} \rightarrow A_{28}$	49	Jan-19 → Feb-19	$A_{43} \rightarrow A_{44}$
13	Jan-16 → Feb-16	$A_{28} \rightarrow A_{31}$	50	Feb-19 → Mar-19	$A_{44} \rightarrow A_{41}$
14	Feb-16 → Mar-16	$A_{31} \rightarrow A_{30}$	51	Mar-19 → Apr-19	$A_{41} \rightarrow A_{38}$
15	Mar-16 → Apr-16	$A_{30} \rightarrow A_{24}$	52	Apr-19 → Mei-19	$A_{38} \rightarrow A_{38}$
16	Apr-16 → Mei-16	$A_{24} \rightarrow A_{23}$	53	Mei-19 → Jun-19	$A_{38} \rightarrow A_{38}$
17	Mei-16 → Jun-16	$A_{23} \rightarrow A_{25}$	54	Jun-19 → Jul-19	$A_{38} \rightarrow A_{39}$
18	Jun-16 → Jul-16	$A_{25} \rightarrow A_{25}$	55	Jul-19 → Agu-19	$A_{39} \rightarrow A_{38}$
19	Jul-16 → Agu-16	$A_{25} \rightarrow A_{25}$	56	Agu-19 → Sep-19	$A_{38} \rightarrow A_{39}$
20	Agu-16 → Sep-16	$A_{25} \rightarrow A_{24}$	57	Sep-19 → Okt-19	$A_{39} \rightarrow A_{41}$
21	Sep-16 → Okt-16	$A_{24} \rightarrow A_{24}$	58	Okt-19 → Nov-19	$A_{41} \rightarrow A_{41}$
22	Okt-16 → Nov-16	$A_{24} \rightarrow A_{24}$	59	Nov-19 → Des-19	$A_{41} \rightarrow A_{43}$
23	Nov-16 → Des-16	$A_{24} \rightarrow A_{25}$	60	Des-19 → Jan-20	$A_{43} \rightarrow A_{47}$
24	Des-16 → Jan-17	$A_{25} \rightarrow A_{27}$	61	Jan-20 → Feb-20	$A_{47} \rightarrow A_{47}$
25	Jan-17 → Feb-17	$A_{27} \rightarrow A_{27}$	62	Feb-20 → Mar-20	$A_{47} \rightarrow A_{47}$
26	Feb-17 → Mar-17	$A_{27} \rightarrow A_{25}$	63	Mar-20 → Apr-20	$A_{47} \rightarrow A_{48}$
27	Mar-17 → Apr-17	$A_{25} \rightarrow A_{24}$	64	Apr-20 → Mei-20	$A_{48} \rightarrow A_{45}$
28	Apr-17 → Mei-17	$A_{24} \rightarrow A_{25}$	65	Mei-20 → Jun-20	$A_{45} \rightarrow A_{44}$
29	Mei-17 → Jun-17	$A_{25} \rightarrow A_{25}$	66	Jun-20 → Jul-20	$A_{44} \rightarrow A_{43}$
30	Jun-17 → Jul-17	$A_{25} \rightarrow A_{24}$	67	Jul-20 → Agu-20	$A_{43} \rightarrow A_{43}$
31	Jul-17 → Agu-17	$A_{24} \rightarrow A_{23}$	68	Agu-20 → Sep-20	$A_{43} \rightarrow A_{43}$
32	Agu-17 → Sep-17	$A_{23} \rightarrow A_{25}$	69	Sep-20 → Okt-20	$A_{43} \rightarrow A_{43}$
33	Sep-17 → Okt-17	$A_{25} \rightarrow A_{27}$	70	Okt-20 → Nov-20	$A_{43} \rightarrow A_{42}$
34	Okt-17 → Nov-17	$A_{27} \rightarrow A_{30}$	71	Nov-20 → Des-20	$A_{42} \rightarrow A_{43}$
35	Nov-17 → Des-17	$A_{30} \rightarrow A_{34}$	72	Des-20 → Jan-21	$A_{43} \rightarrow A_{43}$
36	Des-17 → Jan-18	$A_{34} \rightarrow A_{45}$	73	Jan-21 → Feb-21	$A_{43} \rightarrow A_{43}$
37	Jan-18 → Feb-18	$A_{45} \rightarrow A_{48}$	74	Feb-21 → Mar-21	$A_{43} \rightarrow A_{41}$

Langkah 7. Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG).

Berdasarkan Tabel (4.4) setelah memperoleh FLR selanjutnya dapat ditentukan FLRG yang merupakan pengelompokkan dari setiap perpindahan *state*, yaitu *state* saat ini (*current state*) dan *state* selanjutnya (*next state*). Misalkan ketika FLR himpunan fuzzy yang bernilai A_{23} (*current state*) mempunyai perpindahan ke A_{25} (*next state*) dihitung menurut banyaknya kemunculan nilai FLR dengan perpindahan *state*. Nilai FLR dengan perpindahan A_{23} ke A_{25} terdapat 2 kali kemunculan, maka FLRG dari A_{23} (*current state*) ke A_{25} (*next state*) dapat ditulis $A_{23} \rightarrow (2)A_{25}$. Contoh selanjutnya, misalkan nilai FLR memiliki kejadian yang

bernilai $A_{24} \rightarrow A_{23}$ terdapat 2 kali kemunculan, $A_{23} \rightarrow A_{24}$ terdapat 2 kali kemunculan, $A_{24} \rightarrow A_{25}$ terdapat 2 kali kemunculan, sehingga dapat dibentuk FLRG yaitu $A_{24} \rightarrow (2)A_{23}, (2)A_{24}, (2)A_{25}$. FLRG dari keseluruhan data rata-rata harga beras dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.5 Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

No	Current state	Next state
1	$A_1 \rightarrow$	—
2	$A_2 \rightarrow$	A_5
3	$A_3 \rightarrow$	A_7
4	$A_4 \rightarrow$	A_2
5	$A_5 \rightarrow$	A_6
6	$A_6 \rightarrow$	A_{11}
7	$A_7 \rightarrow$	A_{13}
8	$A_8 \rightarrow$	—
9	$A_9 \rightarrow$	—
10	$A_{10} \rightarrow$	—
11	$A_{11} \rightarrow$	A_{14}
12	$A_{12} \rightarrow$	—
13	$A_{13} \rightarrow$	A_{17}
14	$A_{14} \rightarrow$	—
15	$A_{15} \rightarrow$	—
16	$A_{16} \rightarrow$	—
17	$A_{17} \rightarrow$	—
18	$A_{18} \rightarrow$	—
19	$A_{19} \rightarrow$	—
20	$A_{20} \rightarrow$	—
21	$A_{21} \rightarrow$	—
22	$A_{22} \rightarrow$	A_{25}
23	$A_{23} \rightarrow$	$(2)A_{25}$
24	$A_{24} \rightarrow$	$(2)A_{23}, (2)A_{24}, (2)A_{25}$
25	$A_{25} \rightarrow$	$(3)A_{24}, (3)A_{25}, (2)A_{27}, A_{28}$
26	$A_{26} \rightarrow$	—
27	$A_{27} \rightarrow$	A_{25}, A_{27}, A_{30}
28	$A_{28} \rightarrow$	A_{31}
29	$A_{29} \rightarrow$	—
30	$A_{30} \rightarrow$	A_{24}, A_{34}
31	$A_{31} \rightarrow$	A_{31}
32	$A_{32} \rightarrow$	—
33	$A_{33} \rightarrow$	—
34	$A_{34} \rightarrow$	A_{45}
35	$A_{35} \rightarrow$	A_{36}
36	$A_{36} \rightarrow$	$A_{35}, (2)A_{36}, A_{38}$
37	$A_{37} \rightarrow$	A_{36}
38	$A_{38} \rightarrow$	$(2)A_{38}, (2)A_{39}, A_{41}$
39	$A_{39} \rightarrow$	A_{37}, A_{38}, A_{41}

Lanjutan Tabel 4.5

No	Current state	Next state
40	$A_{40} \rightarrow$	—
41	$A_{41} \rightarrow$	$A_{38}, A_{41}, (2)A_{43}$
42	$A_{42} \rightarrow$	A_{43}
43	$A_{43} \rightarrow$	$A_{41}, A_{42}, (5)A_{43}, A_{44}, (2)A_{47}$
44	$A_{44} \rightarrow$	A_{41}, A_{43}
45	$A_{45} \rightarrow$	A_{39}, A_{44}, A_{48}
46	$A_{46} \rightarrow$	—
47	$A_{47} \rightarrow$	$(2)A_{47}, A_{48}$
48	$A_{48} \rightarrow$	$(2)A_{45}$
49	$A_{49} \rightarrow$	—
50	$A_{50} \rightarrow$	—

Langkah 8. Matriks probabilitas transisi.

Penentuan matriks probabilitas transisi ditentukan berdasarkan tahap fuzzifikasi data sampai tahap *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yang terdapat pada Tabel (4.3) hingga Tabel (4.5). Matriks probabilitas transisi pada penelitian ini berorde 50×50 dengan setiap elemen $P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}$ merupakan nilai probabilitas setiap kejadian dari interval data sebelumnya yang disajikan pada Lampiran 4. Berdasarkan Persamaan (2.15) sampai dengan Persamaan (2.16) hasil dari matriks probabilitas transisi *state* berorde 50×50 dapat disajikan sebagai berikut

Tabel 4.6 Matriks Probabilitas

P_{ij}		j												
		1	2	3	4	5	...	45	46	47	48	49	50	
i	1	-	-	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	
	2	-	-	-	-	1	...	-	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	
	4	-	1	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
	45	-	-	-	-	-	...	-	-	-	$\frac{1}{3}$	-	-	
	46	-	-	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	
	47	-	-	-	-	-	...	-	-	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	-	-	
	48	-	-	-	-	-	...	1	-	-	-	-	-	
	49	-	-	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	
	50	-	-	-	-	-	...	-	-	-	-	-	-	

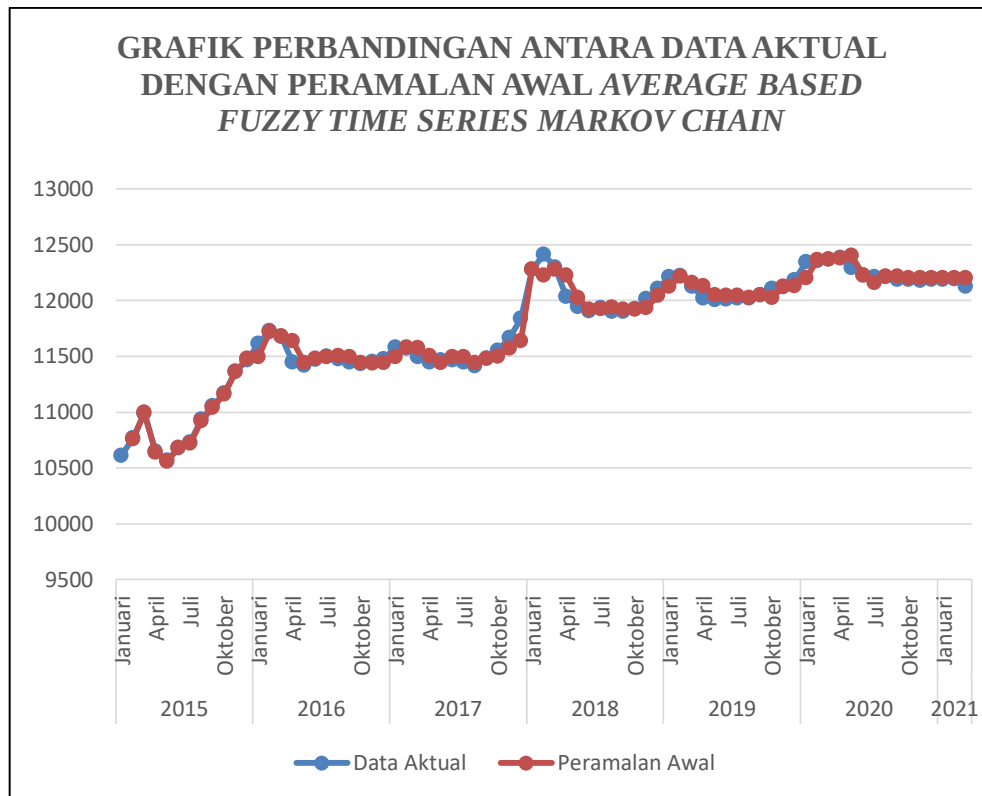
Berdasarkan nilai probabilitas pada matriks probabilitas transisi pada Tabel (4.7), maka nilai peramalan awal pada data historis dapat dihitung.

Langkah 9. Menghitung hasil peramalan awal.

Peramalan awal metode *average based fuzzy time series markov chain* ini menggunakan data sebelumnya dan matriks probabilitas transisi berdasarkan nilai probabilitas pada Tabel (4.6). Perhitungan peramalan awal dilakukan sesuai dengan data historis merujuk pada Persamaan (2.17). Perhitungan ini menggunakan data aktual sebelumnya $t - 1$, oleh karena itu peramalan dapat dilakukan mulai dari data $t = 2$ yaitu bulan Februari 2015. Misalkan data rata-rata harga beras untuk $t = 2$ memiliki nilai yaitu 10.760 dan $t = 1$ memiliki nilai yaitu 10.612, dimana pada data $t = 1$ memiliki FLR $A_3 \rightarrow A_7$ yang artinya A_3 bertransisi menuju A_7 , dan karena FLRG yang diperoleh hanya $A_3 \rightarrow A_7$. Nilai perhitungan peramalan Februari 2015 ($t = 2$) adalah

$$\begin{aligned} F_2 &= m_1 P_{37} \\ &= 10760(1) \\ &= 10760 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dengan menggunakan cara yang sama didapatkan hasil dari nilai peramalan awal dalam Lampiran 5. Pola perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Peramalan Awal Metode *Average Based Fuzzy Time Series*

Langkah 10. Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan.

Metode *fuzzy time series markov chain* mempunyai langkah penyesuaian kecenderungan nilai peramalan sebagai tahapan untuk mengurangi besarnya penyimpangan hasil peramalan. Penyesuaian kecenderungan nilai peramalan dilakukan pada setiap hubungan antara *current state* dan *next state* dari FLR berdasarkan Persamaan (2.18) hingga Persamaan (2.21). Misalkan perhitungan nilai penyesuaian bulan Februari 2015, pada Tabel (4.4) nilai FLR dari *next state* adalah A_7 dan *current state* adalah A_3 . Hal ini mengakibatkan persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai penyesuaian peramalan adalah Persamaan (2.20) sebagaimana $s = \text{orde state selanjutnya} - \text{orde state saat ini} = 7 - 3 = 4$, maka perhitungan nilai penyesuaian yang diperoleh:

$$\begin{aligned}
D_{t1} &= \left(\frac{l}{2}\right) \times 4 \\
&= \left(\frac{50}{2}\right) \times 4 \\
&= 100
\end{aligned}$$

Perhitungan kecenderungan nilai penyesuaian untuk masing-masing *current state* terhadap *next state* dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.18) sampai dengan Persamaan (2.20). Hasil perhitungan nilai penyesuaian tersedia dalam tabel berikut:

Tabel 4.7 Nilai Penyesuain Kecenderungan Hasil Peramalan

No	FLR	Nilai Penyesuaian	No	FLR	Nilai Penyesuaian
1	$A_3 \rightarrow A_7$	100	38	$A_{48} \rightarrow A_{45}$	-75
2	$A_7 \rightarrow A_{13}$	150	39	$A_{45} \rightarrow A_{39}$	-150
3	$A_{13} \rightarrow A_4$	-225	40	$A_{39} \rightarrow A_{37}$	-50
4	$A_4 \rightarrow A_2$	-50	41	$A_{37} \rightarrow A_{36}$	-25
5	$A_2 \rightarrow A_5$	75	42	$A_{36} \rightarrow A_{36}$	0
6	$A_5 \rightarrow A_6$	25	43	$A_{36} \rightarrow A_{35}$	-25
7	$A_6 \rightarrow A_{11}$	125	44	$A_{35} \rightarrow A_{36}$	25
8	$A_{11} \rightarrow A_{14}$	75	45	$A_{36} \rightarrow A_{36}$	0
9	$A_{14} \rightarrow A_{17}$	75	46	$A_{36} \rightarrow A_{38}$	50
10	$A_{17} \rightarrow A_{22}$	125	47	$A_{38} \rightarrow A_{41}$	75
11	$A_{22} \rightarrow A_{25}$	75	48	$A_{41} \rightarrow A_{43}$	50
12	$A_{25} \rightarrow A_{28}$	75	49	$A_{43} \rightarrow A_{44}$	25
13	$A_{28} \rightarrow A_{31}$	75	50	$A_{44} \rightarrow A_{41}$	25
14	$A_{31} \rightarrow A_{30}$	25	51	$A_{41} \rightarrow A_{38}$	-75
15	$A_{30} \rightarrow A_{24}$	-150	52	$A_{38} \rightarrow A_{38}$	0
16	$A_{24} \rightarrow A_{23}$	-25	53	$A_{38} \rightarrow A_{38}$	0
17	$A_{23} \rightarrow A_{25}$	50	54	$A_{38} \rightarrow A_{39}$	25
18	$A_{25} \rightarrow A_{25}$	0	55	$A_{39} \rightarrow A_{38}$	-25
19	$A_{25} \rightarrow A_{25}$	0	56	$A_{38} \rightarrow A_{39}$	25
20	$A_{25} \rightarrow A_{24}$	-25	57	$A_{39} \rightarrow A_{41}$	50
21	$A_{24} \rightarrow A_{24}$	0	58	$A_{41} \rightarrow A_{41}$	0
22	$A_{24} \rightarrow A_{24}$	0	59	$A_{41} \rightarrow A_{43}$	50
23	$A_{24} \rightarrow A_{25}$	25	60	$A_{43} \rightarrow A_{47}$	100
24	$A_{25} \rightarrow A_{27}$	50	61	$A_{47} \rightarrow A_{47}$	0
25	$A_{27} \rightarrow A_{27}$	0	62	$A_{47} \rightarrow A_{47}$	0
26	$A_{27} \rightarrow A_{25}$	-50	63	$A_{47} \rightarrow A_{48}$	25
27	$A_{25} \rightarrow A_{24}$	-25	64	$A_{48} \rightarrow A_{45}$	-75
28	$A_{24} \rightarrow A_{25}$	25	65	$A_{45} \rightarrow A_{44}$	-25
29	$A_{25} \rightarrow A_{25}$	0	66	$A_{44} \rightarrow A_{43}$	-25
30	$A_{25} \rightarrow A_{24}$	-25	67	$A_{43} \rightarrow A_{43}$	0

Lanjutan Tabel 4.7

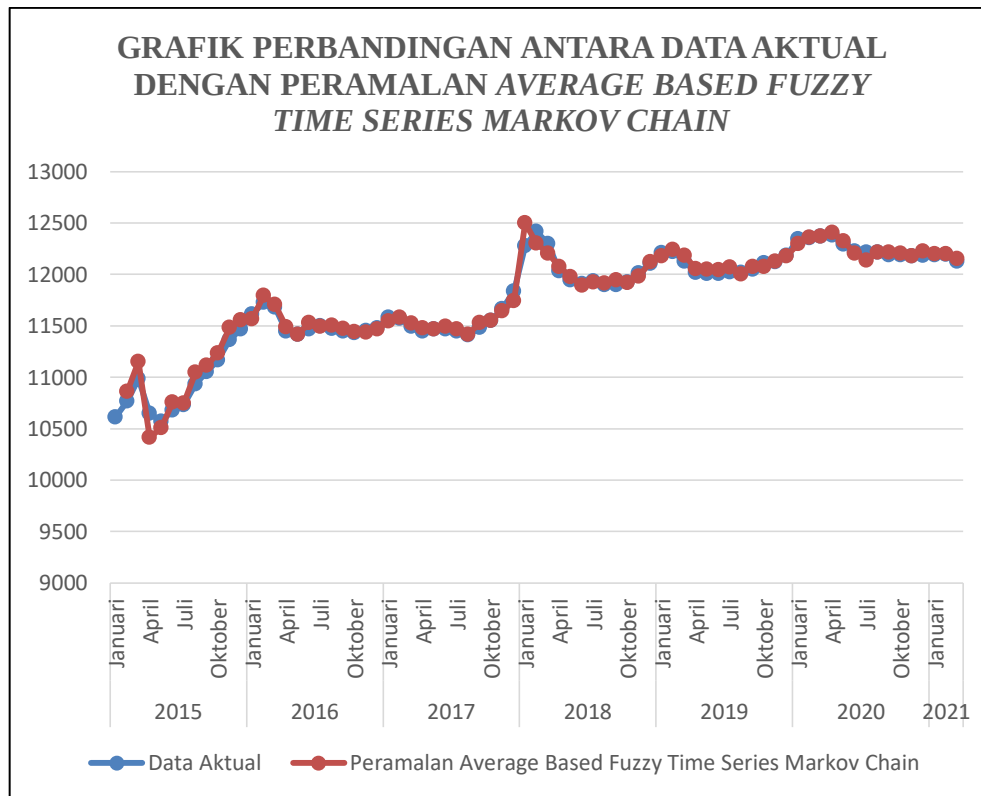
No	FLR	Nilai Penyesuaian	No	FLR	Nilai Penyesuaian
31	$A_{24} \rightarrow A_{23}$	-25	68	$A_{43} \rightarrow A_{43}$	0
32	$A_{23} \rightarrow A_{25}$	50	69	$A_{43} \rightarrow A_{43}$	0
33	$A_{25} \rightarrow A_{27}$	50	70	$A_{43} \rightarrow A_{42}$	-25
34	$A_{27} \rightarrow A_{30}$	75	71	$A_{42} \rightarrow A_{43}$	25
35	$A_{30} \rightarrow A_{34}$	100	72	$A_{43} \rightarrow A_{43}$	0
36	$A_{34} \rightarrow A_{45}$	275	73	$A_{43} \rightarrow A_{43}$	0
37	$A_{45} \rightarrow A_{48}$	75	74	$A_{43} \rightarrow A_{41}$	-50

Langkah 11. Menentukan hasil peramalan akhir.

Hasil peramalan akhir merupakan hasil perhitungan dari peramalan awal yang dijumlahkan dengan nilai penyesuaian yang telah disesuaikan mengacu pada Persamaan (2.22) hingga Persamaan (2.25). Misalkan perhitungan nilai peramalan pada bulan Februari 2015 yang telah disesuaikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F'_2 &= F_2 \pm D_{t1} \\
 &= 10760 \pm 100 \\
 &= 10.860
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan peramalan akhir pada pada bulan Februari 2015 adalah 10.860, dengan menggunakan cara yang sama didapatkan hasil dari nilai peramalan akhir dalam tabel pada Lampiran 6. Pola perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Peramalan Akhir *Average Based Fuzzy Time Series*

4.3 Perhitungan Metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* dalam Meramalkan Fluktuasi Rata-Rata Harga Beras di Indonesia

Algoritma novel *fuzzy time series* merupakan salah satu metode hasil perkembangan metode *fuzzy time series*. Metode algoritma novel *fuzzy time series* digunakan sebagai pembanding untuk mengetahui tingkat akurasi dari setiap metode. Perbedaan yang mendasari antara metode *average based fuzzy time series markov chain* dengan algoritma novel *fuzzy time series*, terdapat pada langkah perhitungan hasil peramalan. Perhitungan peramalan algoritma novel *fuzzy time series* menggunakan aturan dan ketentuan (2.26) dan (2.27). Langkah pertama untuk mempermudah proses peramalan yaitu menghitung seluruh nilai peramalan dari data sebelumnya untuk setiap FLR dan FLRG. Misalkan untuk menghitung nilai peramalan pada bulan Februari 2015, dapat merujuk pada data yang terdapat

dalam Tabel (4.4) yaitu *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dari bulan Januari 2015 menuju Februari 2015 dimana *state* bertransisi dari A_3 ke A_7 . Berdasarkan Tabel (4.5) FLRG dari A_3 hanya A_7 , maka FLRG A_3 bernilai satu ke satu, sehingga perhitungan nilai peramalan mengikuti Ketentuan 2.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai Y menggunakan Persamaan (2.27), namun karena data pada bulan desember 2014 tidak diketahui maka nilai Y tidak dapat dihitung, sehingga hasil peramalan pada bulan Februari 2015 mengikuti Aturan 1. Menurut Aturan 1 dapat dihitung nilai x dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x &= \frac{D_t - D_{t-1}}{2} \\ &= \frac{|10.766 - 10.612|}{2} \\ &= 77 \end{aligned}$$

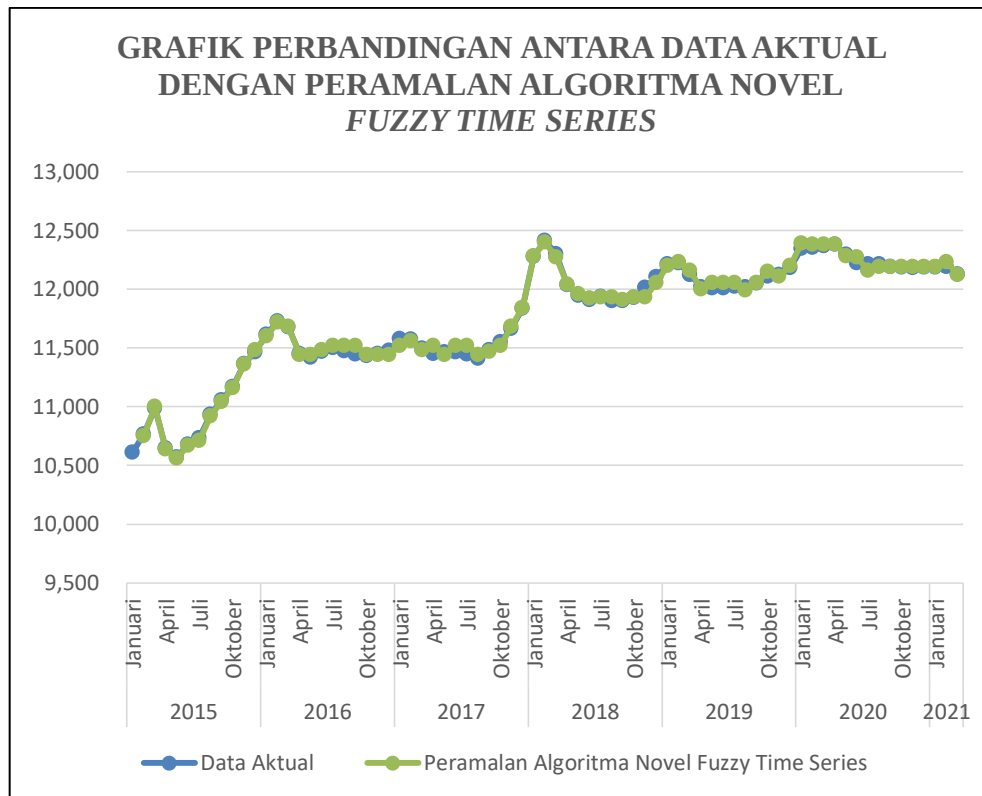
Nilai x yang diperoleh adalah 77. Selanjutnya menghitung setengah dari interval A_7 yaitu $u_7 = [10.740; 10.780]$, didapatkan setengah dari interval A_7 adalah 10.760 atau sama dengan nilai tengah dari u_7 , maka nilai dari perhitungan tersebut adalah $x < \frac{A_7}{2}$. Berdasarkan ketentuan dari Aturan 1, hasil peramalan bulan Februari 2015 cenderung turun dan jatuh pada 0,25 poin dari interval A_7 yaitu 10.750.

Contoh selanjutnya, untuk menghitung nilai peramalan pada bulan Maret 2015, dapat merujuk pada data yang terdapat dalam Tabel (4.4) yaitu *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dari bulan Februari 2015 menuju Maret 2015 dimana *state* bertransisi dari A_7 menuju A_{13} . Berdasarkan Tabel (4.5) FLRG dari A_7 hanya A_{13} , maka FLRG A_7 bernilai satu ke satu, sehingga perhitungan nilai

peramalan mengikuti Ketentuan 2. FLR yang digunakan menurut nilai j dan i masing-masing adalah 13 dan 7 sehingga $j > i$. Langkah berikutnya menghitung nilai Y menggunakan Persamaan (2.27), hasil perhitungan tersebut terdapat pada Lampiran 7. Perhitungan nilai Y pada bulan Maret 2015 yaitu 67, maka $Y > 0$ sehingga hasil peramalan pada Maret 2015 mengikuti Aturan 2. Berdasarkan Aturan 2 perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a. $x = (|67| \times 2) + 10.766 = 10.900$ atau $x = 10.766 - |67| = 10.699$, diketahui interval A_{13} adalah $u_{13} = [10.980; 11.020]$, jadi $x \notin A_{13}$, karena x bukan anggota dari interval A_{13} maka kondisi tersebut tidak terpenuhi.
- b. $x = \frac{|67|}{2} + 10.766 = 10.799,5$ atau $x = 10.766 - (|67| \times 2) = 10.632$ diketahui interval A_{13} adalah $u_{13} = [10.980; 11.020]$, jadi $x \notin A_4$, karena x bukan anggota dari interval A_4 maka kondisi tersebut tidak terpenuhi.
- c. Akibat dari kedua kondisi yang tidak terpenuhi maka hasil peramalan adalah nilai tengah dari interval A_{13} yaitu $d_{13} = 11.000$.

Menggunakan cara yang sama, dengan mengikuti aturan-aturan metode algoritma novel *fuzzy time series*, maka hasil peramalan untuk data selanjutnya dapat dilihat dalam Lampiran 7. Pola perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan metode algoritma novel *fuzzy time series* dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Data Aktual dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

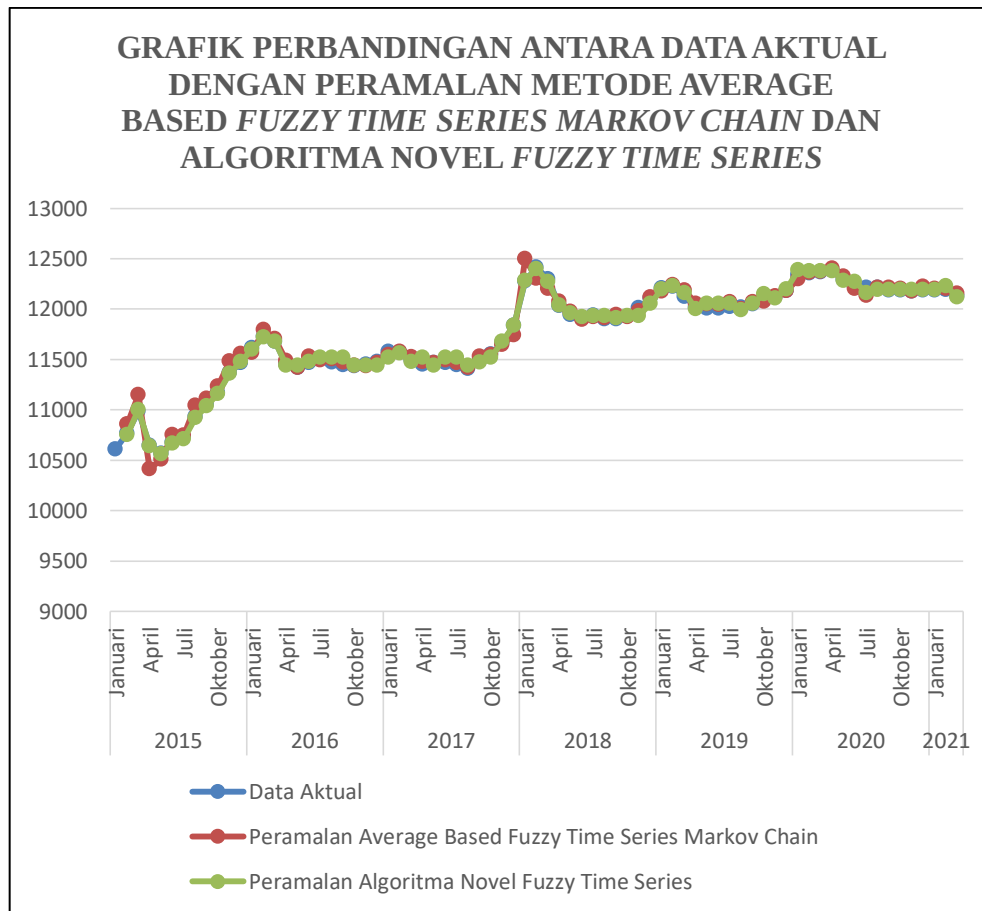
4.4 Perbandingan Tingkat Akurasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* dalam Meramalkan Fluktuasi Rata-Rata Harga Beras di Indonesia

Pengujian tingkat akurasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari metode *average based fuzzy time series markov chain* dengan algoritma novel *fuzzy time series* sebagai pembandingan. Ketepatan perhitungan nilai error sangatlah penting, maka digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai kriteria perhitungan uji akurasi. Hasil pengujian tingkat akurasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Perbandingan Uji Akurasi

Metode	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)
<i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	0,36%
<i>Algoritma Novel Fuzzy Time Series</i>	0,19%

Berdasarkan Tabel (4.8) metode *average based fuzzy time series markov chain* memperoleh nilai MAPE sebesar 0,36%, menunjukkan bahwa tingkat akurasi mencapai 99,64% dari data actual, sedangkan *algoritma novel fuzzy time series* yang mendapat nilai MAPE sebesar 0,19% artinya tingkat akurasi mencapai 99,81% dari data aktual. Berdasarkan Tabel (2.2) masing-masing kriteria keakuratan dari metode *average based fuzzy time series markov chain* dan *algoritma novel fuzzy time series* memenuhi kriteria hasil peramalan yang sangat baik karena nilai $MAPE < 10\%$. Hasil peramalan metode *algoritma novel fuzzy time series* didapatkan nilai MAPE lebih kecil apabila dibandingkan dengan *average based fuzzy time series markov chain* sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *algoritma novel fuzzy time series* lebih baik dalam meramalkan rata-rata harga beras bulanan di tingkat perdagangan besar atau grosir. Pola perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan *algoritma novel fuzzy time series* dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Algoritma Novel Fuzzy Time Series*

Hasil grafik pola perbandingan data pada Gambar (4.5) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perhitungan peramalan metode *average based fuzzy time series markov chain* dan *algoritma novel fuzzy time series*, sehingga mengakibatkan nilai dari peramalan yang diperoleh. Nilai peramalan metode *average based fuzzy time series markov chain* yang dinyatakan dengan grafik berwarna merah menunjukkan plot data peramalan sedikit berbeda dengan plot data aktual yang diteliti. Hal ini berbeda dengan metode *algoritma novel fuzzy time series* dapat dinyatakan dengan grafik berwarna hijau menunjukkan bahwa plot data peramalan yang dihasilkan hampir sama dengan pola data aktual. Kesimpulan yang dapat diambil dari uraian tersebut adalah hasil peramalan

menggunakan *algoritma novel fuzzy time series* lebih mendekati nilai data aktual dibandingkan dengan metode *average based fuzzy time series markov chain*.

4.5 Kajian Peramalan dalam Al-Qur'an

Peramalan atau prediksi adalah kegiatan memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Ayat dalam Al-Qur'an yang secara tersirat membahas tentang peramalan atau prediksi adalah QS. Surat Al-Hasyr ayat 18 yang artinya:

“Wahai orang-orang yang beriman. Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertakwalah kepada Allah. Sungguh, Allah Maha Teliti terhadap apa yang kamu kerjakan”.

Terjemahan tafsir Ibnu Katsir (Syaiikh, 1994) dalam firman Allah yang artinya *“Dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok.”* Ayat ini merupakan dasar dalam muhasabah diri agar setiap pribadi selalu mengintrospeksi diri. Allah Maha Teliti dan mengetahui apa yang telah diperbuat, dimana tidak ada satupun amal yang tersembunyi bagi-Nya. Masalah yang nantinya dapat mengakibatkan kekeliruan senantiasa dapat diminimalisir dengan memperkirakan dan memperhitungkan segala perbuatan yang telah dikerjakan dengan menyelesaikannya secara sungguh-sungguh. Hal ini juga dapat digunakan sebagai motivasi berbuat kebajikan dengan semangat amal saleh sebelum Allah kelak memperhitungkannya dan juga seruan untuk mempersiapkan segala sesuatu di kemudian hari (Afandi, dkk, 2016).

Konsep peramalan dalam Islam diperbolehkan, tetapi dilarang dalam kasus-kasus seperti peramalan nasib atau perdukunan. Peramalan yang diperbolehkan dalam agama islam salah satunya peramalan perekonomian. Inayati (2013) berpendapat bahwa perekonomian dalam islam difokuskan untuk

mewujudkan tujuan syariah (Maqasid Syariah) yaitu pemenuhan kebutuhan, penghasilan yang diperoleh dengan sumber yang baik, distribusi pendapatan serta pertumbuhan dan stabilitas ekonomi. Peramalan terkait masalah perekonomian dijelaskan pada Al-qur'an dalam QS. Yusuf ayat 47-49 yang artinya:

“47. Yusuf berkata: “Supaya kamu bertanam tujuh tahun (lamanya) sebagaimana biasa; Maka apa yang kamu tuai hendaklah kamu biarkan dibulirnya kecuali sedikit untuk kamu makan. 48. Kemudian sesudah itu akan datang tujuh tahun yang amat sulit, yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya (tahun sulit), kecuali sedikit dari (bibit gandum) yang kamu simpan. 49. Setelah itu akan datang tahun, dimana manusia diberi hujan (dengan cukup) dan pada masa itu mereka memeras (anggur)”.

Terjemahan tafsir Al-Qurthubi (Ibrahim, 2008) dari ayat tersebut menjelaskan ketika Nabi Yusuf menanggapi mimpi raja Fir'aun dan berkata kepada utusan raja Fir'aun serta para pembesar kerajaan mengenai ta'wil mimpi tersebut, bahwa mereka akan menghadapi masa sulit yang akan menimpa negara beserta penduduknya dan hal apa saja yang harus dipersiapkan untuk menghadapi. Yusuf a.s. memberikan petunjuk kepada mereka tentang apa yang harus mereka kerjakan selama tujuh tahun dari masa subur. Penduduk Mesir diperintahkan supaya menanam gandum tanpa henti selama tujuh tahun berturut-turut. Hasil panen yang didapatkan disimpan dengan menjaga tangkainya agar tidak dimakan ulat akibat kelembaban. Terkecuali sedikit dari hasil panen untuk dimakan sekedar memenuhi kebutuhan maka boleh dipisahkan dari bulirnya dan disimpan untuk dijadikan benih. Perintah bercocok tanam secara turut temurut selama tujuh tahun sangat dianjurkan agar mendapatkan hasil yang banyak dan baik, sehingga gandum tersebut nantinya dapat dijadikan sebagai makanan umat manusia atau ternak pada saat diperlukan.

Hakikatnya tangkai yang hijau di setiap tangkainya merupakan ta'wil dari penanaman satu tahun, namun akan datang tujuh tahun yang merupakan masa

kering dan kekurangan. Musim paceklik selama tujuh tahun berturut-turut menyertai musim-musim subur karena dalam musim paceklik seluruh persediaan makanan yang telah dikumpulkan akan habis untuk dikonsumsi (Bahri dan Jinan, 2020). Musim paceklik inilah yang dimaksud dengan bulir-bulir yang kering. Yusuf a.s mengatakan bahwa dalam tujuh tahun dari musim paceklik tidak ada tanaman yang bisa tumbuh dan semua tanaman yang mereka tanam tidak akan menghasilkan apa pun. Penduduk Mesir kala itu hanya dapat mengonsumsi bahan pangan dari hasil yang telah disimpan sebelumnya, sebagai upaya melewati tujuh tahun berikutnya. Ketika masa-masa sulit datang, yaitu selama tujuh tahun musim kemarau mereka dapat menggunakan tabungan dari yang telah mereka simpan pada waktu sebelumnya, sehingga mereka tidak akan merasa kekurangan ketika kehilangan hasil panen akibat hujan. Oleh karena itu, peran estimasi untuk masa depan sangatlah penting.

Nabi Yusuf kemudian menyampaikan kabar gembira bahwa akan datang musim panen setelah kelaparan yang berkepanjangan. Seluruh tanah menjadi subur, hasil panen yang baik dan berlimpah. Penduduk Mesir mulai memeras ulang anggur, zaitun, seperti biasanya dan hujan turun dengan deras. Kesimpulan dalam Surat Yusuf ayat 47-49, yaitu Allah menggambarkan contoh upaya manusia membentuk sistem perlindungan untuk mencegah kemungkinan yang tidak diinginkan di masa depan. Perlindungan semacam ini secara langsung menggambarkan asuransi dalam kehidupan manusia yang tidak mengetahui seperti apa kehidupan di masa depan. Peramalan harga beras dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemerintah dalam pengambilan keputusan dan

pembangunan di masa mendatang untuk meningkatkan kesejahteraan petani (Mukti, 2019).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras di Indonesia didapatkan himpunan semesta dari data historis $U = [10.500, 12.500]$ dengan setiap panjang interval (I) dan jumlah interval (m) yaitu 40 dan 50 interval, kemudian menentukan himpunan *fuzzy* dari jumlah interval sehingga dapat dilakukan fuzzifikasi data yang menghasilkan FLR dan FLRG. Terbentuk matriks probabilitas transisi *state* berorde 50×50 , maka nilai peramalan awal dapat dihitung dengan melakukan penyesuaian kecenderungan nilai peramalan diperoleh peramalan akhir dengan nilai MAPE sebesar 0,36% pada tingkat akurasi mencapai 99,64% dari data aktual.
2. Hasil perhitungan metode *Algoritma Novel Fuzzy Time Series* dalam meramalkan fluktuasi rata-rata harga beras di indonesia didapatkan langkah-langkah perhitungan yang hampir sama, namun perbedaan perhitungan yang sangat mendasari antara metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dengan *Algoritma Novel Fuzzy Time Series* terdapat pada langkah perhitungan hasil peramalan akhir, sehingga diperoleh nilai MAPE sebesar 0,19% dengan tingkat akurasi mencapai 99,81% dari data aktual.
3. Hasil tingkat akurasi pada peramalan rata-rata harga beras ditingkat perdagangan besar Indonesia menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage*

Error (MAPE) untuk metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* menghasilkan tingkat akurasi lebih baik dibandingkan dengan MAPE metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* yaitu 0.36% sedangkan nilai MAPE untuk metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* yaitu 0.19%.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode peramalan *fuzzy* lainnya sebagai pembanding, misalnya model *Automatic Clustering Fuzzy Time Series Markov Chain*.
2. Perhitungan peramalan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan semi manual di *Microsoft Excel*, disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan pembuatan program seperti di *Matlab* atau *Phyton* untuk mempermudah perhitungan peramalan supaya lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an Terjemahan. (2015). *Departemen Agama RI*. Bandung: CV Darus Sunnah
- Admirani, I. (2018). Penerapan Metode *Fuzzy time series* Untuk Prediksi Laba Pada Perusahaan. *JUPITER (Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer)*, 10(1), 19-31.
- Afandi, P. W., Asikin, I., & Junaedi, L. (2016). Meningkatkan Ketakwaan melalui Proses Introspeksi Diri (Analisis Pendidikan terhadap QS Al-Hasyr Ayat 18).
- Aristyani, Y., & Sugiharti, E. (2015). Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 38(2), 200-210.
- Astawan, M., & Wresdiyati, T. (2004). Diet sehat dengan makanan berserat. *Tiga Serangkai Pustaka Mandiri. Solo*, 44-45.
- Badan Pusat Statistik. (2019). Luas Panen dan Produksi Beras di Indonesia 2019: Hasil Kegiatan Pendataan Statistik Pertanian Tanaman Pangan Terintegrasi Dengan Metode Kerangka Sampel Area. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bahri, S., Musdawati, M., & Jinan, R. (2020). Ketahanan Pangan dalam Al-Quran dan Aktualisasinya dalam Konteks Keindonesiaan Berdasarkan Penafsiran Terhadap Surah Yusuf Ayat 47-49. *TAFSE: Journal of Qur'anic Studies*, 5(2), 126-138.
- Chen, S. M. (1996). *Forecasting enrollments based on fuzzy time series*. *Fuzzy sets and systems*, 81(3), 311-319.
- Ekananta, Y. (2017). *Penerapan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Konsumsi Energi Listrik Indonesia* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Fardhani, A. A., Simanjuntak, D. I. N., & Wanto, A. (2018). Prediksi Harga Eceran Beras Di Pasar Tradisional Di 33 Kota Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Infomedia: Tsektor Informatika, Multimedia & Jaringan*, 3(1), 25-30.
- Guney, H., Bakir, M. A., & Aladag, C. H. (2018). A novel stochastic seasonal *fuzzy time series* forecasting model. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20(3), 729-740.
- Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2015). *Business Forecasting*, 9th.

- Hirawan, F. B., & Verselita, A. A. (2020). *Kebijakan pangan di masa pandemi COVID-19*. CSIS Indonesia.
- Thalbah, H. (2008). *Ensiklopedia Mukjizat al-Qur'an dan Hadis. Cet. III*.
- Hermawan, I., & Budiyan, E. (2020). Integrasi Harga Beras Era Perdagangan Terbuka dan Dampaknya Terhadap Swasembada dan Kesejahteraan Pelaku Ekonomi Beras. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 14(1), 21-46.
- Ibrahim, M.A.H. (2008). Tafsir Al qurthubi jilid 9, trans. Mahmud Hamid Utsman, Jakarta: Pustaka Azam
- Inayati, A. A. (2013). Pemikiran Ekonomi Islam M. Umer Chapra. *Profetika: Jurnal Studi Islam*, 14(2), 164-176.
- Jasim, H. T., Salim, A. G., & Ibraheem, K. I. (2012). A novel algorithm to forecast enrollment based on *fuzzy time series*. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal*, 7(1), 385-397.
- Jatipaningrum, M. T. (2016). Peramalan Data Produk Domestik Bruto dengan Fuzzy Time Series Markov Chain. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 31-38.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Kementan). (2015). Regulasi Perberasan, Beras sebagai Barang Kebutuhan Pokok.
- Lee, W. J., Jung, H. Y., Yoon, J. H., & Choi, S. H. (2017). A novel forecasting method based on F-transform and *fuzzy time series*. *International Journal of Fuzzy Systems*, 19(6), 1793-1802.
- Maharni, E. (2019). *Pemilihan Fuzzy time series Markov Chain Berbasis Rata-Rata Dan Fuzzy time series Markov Chain Dengan Fungsi Keanggotaan Gauss Pada Data Tingkat Inflasi Indonesia* (Doktoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Malian, A. H., Mardianto, S., & Ariani, M. (2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi, konsumsi dan harga beras serta inflasi bahan makanan.
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, 13(2), 36-45.
- Muhammad, M. (2018). Sebaran dan peramalan mahasiswa baru pendidikan matematika universitas muhammadiyah purwokerto dengan metode time invariant *fuzzy time series*. *MAJU: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 3(2).
- Muhammad, M., Wahyuningsih, S., & Siringoringo, M. (2021). Peramalan nilai tukar petani subsektor peternakan menggunakan fuzzy time series lee. *Jambura Journal of Mathematics*, 3(1), 1-15.

- Mukti, B. P. (2019). Strategi Ketahanan Pangan Nabi Yusuf: Studi Analisis tentang Sistem Ketahanan Pangan Nabi Yusuf dalam Al-Quran Surat Yusuf Ayat: 46-49. *Tarjih: Jurnal Tarjih dan Pengembangan Pemikiran Islam*, 16(1), 35-47
- Nelly, S., Safrida, S., & Zakiah, Z. (2018). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fluktuasi Harga Beras di Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 3(1), 178-191.
- Noh, J., Wijono, W., & Yudaningtias, E. (2015). Model *Average based* FTS Markov Chain untuk Peramalan Penggunaan Bandwidth Jaringan Komputer. *Jurnal EECCIS*, 9(1), 31-36.
- Nugroho, K. (2016). Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Infokam*, 12(1).
- Nurkhasanah, L. A., Suparti, S., & Sudarno, S. (2015). Perbandingan Metode Runtun Waktu *Fuzzy-Chen* Dan *Fuzzy-Markov Chain* Untuk Meramalkan Data Inflasi Di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, 4(4), 917-926.
- Peraturan Menteri Perdagangan No. 57 tahun 2017 tentang Harga Eceran Tertinggi (HET) Beras
- Peraturan Menteri Perdagangan No. 24 Tahun 2020 tentang Penetapan Harga Pembelian Pemerintah (HPP) untuk Gabah atau Beras
- Rukhansah, N., Muslim, M. A., & Arifudin, R. (2015, Oktober). *Fuzzy time series* Markov Chain Dalam Meramalkan Harga Saham. In *Seminar Nasional Ilmu Komputer (Snik 2015)*. Semarang (Vol. 10, pp. 309-321).
- Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). *Fuzzy time series* and its models. *Fuzzy sets and systems*, 54(3), 269-277.
- Syaikh, A. (1994). Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid, 2*.
- Syaikh, A. (1994). Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid, 8*.
- Syafrida, I. (2021). *Peramalan Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) dengan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain* (Doctoral Dissertation, Muhammadiyah University, Semarang).
- Tsaur, R. C. (2012). A *fuzzy time series-Markov chain* model with an application to forecast the exchange rate between the Taiwan and US dollar. *International journal of innovative computing, information and control*, 8(7), 4931-4942.
- Vivianti, V., Aidid, M. K., & Nusrang, M. (2020). Implementasi Metode Fuzzy Time Series untuk Peramalan Jumlah Pengunjung di Benteng Fort

- Rotterdam. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its application on Teaching and Research*, 2(1), 1-12.
- Wei, W. W. (2006). Time series analysis. In *The Oxford Handbook of Quantitative Methods in Psychology: Vol. 2*.
- Wiharja, A. F., & Ningrum, H. F. (2020). Analisis Prediksi Penjualan Produk PT. Joenoes Ikamulya Menggunakan 4 Metode Peramalan Time Series. *Jurnal Bisnisman: Riset Bisnis dan Manajemen*, 2(1), 43-51.
- 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.
- Yasrizal, Y. (2017). Pengaruh Pembangunan Sektor Pertanian terhadap Distribusi Pendapatan di Indonesia. *Jurnal Bisnis Tani*, 3 (1), 56-64.
- Yudaruddin, R. (2019). Forecasting untuk Kegiatan Ekonomi dan Bisnis. *RV Pustaka Horizon*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Rata-Rata Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia

No	Bulan	Data Aktual	No	Bulan	Data Aktual
1	Jan-15	10.612	39	Mar-18	12.299
2	Feb-15	10.766	40	Apr-18	12.035
3	Mar-15	10.987	41	Mei-18	11.943
4	Apr-15	10.648	42	Jun-18	11.907
5	Mei-15	10.569	43	Jul-18	11.936
6	Jun-15	10.679	44	Agu-18	11.899
7	Jul-15	10.732	45	Sep-18	11.900
8	Agu-15	10.935	46	Okt-18	11.926
9	Sep-15	11.055	47	Nov-18	12.013
10	Okt-15	11.169	48	Des-18	12.106
11	Nov-15	11.365	49	Jan-19	12.211
12	Des-15	11.465	50	Feb-19	12.222
13	Jan-16	11.614	51	Mar-19	12.124
14	Feb-16	11.729	52	Apr-19	12.019
15	Mar-16	11.678	53	Mei-19	12.008
16	Apr-16	11.449	54	Jun-19	12.009
17	Mei-16	11.417	55	Jul-19	12.021
18	Jun-16	11.469	56	Agu-19	12.018
19	Jul-16	11.498	57	Sep-19	12.050
20	Agu-16	11.475	58	Okt-19	12.108
21	Sep-16	11.448	59	Nov-19	12.120
22	Okt-16	11.433	60	Des-19	12.183
23	Nov-16	11.450	61	Jan-20	12.343
24	Des-16	11.476	62	Feb-20	12.355
25	Jan-17	11.579	63	Mar-20	12.368
26	Feb-17	11.571	64	Apr-20	12.382
27	Mar-17	11.494	65	Mei-20	12.293
28	Apr-17	11.449	66	Jun-20	12.224
29	Mei-17	11.465	67	Jul-20	12.213
30	Jun-17	11.465	68	Agu-20	12.212
31	Jul-17	11.448	69	Sep-20	12.189
32	Agu-17	11.411	70	Okt-20	12.187
33	Sep-17	11.482	71	Nov-20	12.179
34	Okt-17	11.552	72	Des-20	12.185
35	Nov-17	11.665	73	Jan-21	12.186

Lanjutan Tabel Data Rata-Rata Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar
Indonesia

No	Bulan	Data Aktual	No	Bulan	Data Aktual
36	Des-17	11.838	74	Feb-21	12.191
37	Jan-18	12.276	75	Mar-21	12.127
38	Feb-18	12.414			

Lampiran 2 Tabel Perhitungan Data dari Selisih Nilai Mutlak

No	Bulan	Data Aktual	Data Nilai Selisih Mutlak
1	Jan-15	10.612	154
2	Feb-15	10.766	221
3	Mar-15	10.987	339
4	Apr-15	10.648	79
5	Mei-15	10.569	110
6	Jun-15	10.679	53
7	Jul-15	10.732	203
8	Agu-15	10.935	120
9	Sep-15	11.055	114
10	Okt-15	11.169	196
11	Nov-15	11.365	100
12	Des-15	11.465	149
13	Jan-16	11.614	115
14	Feb-16	11.729	51
15	Mar-16	11.678	229
16	Apr-16	11.449	32
17	Mei-16	11.417	52
18	Jun-16	11.469	29
19	Jul-16	11.498	23
20	Agu-16	11.475	27
21	Sep-16	11.448	15
22	Okt-16	11.433	17
23	Nov-16	11.450	26
24	Des-16	11.476	103
25	Jan-17	11.579	8
26	Feb-17	11.571	77
27	Mar-17	11.494	45
28	Apr-17	11.449	16
29	Mei-17	11.465	0
30	Jun-17	11.465	17

Lanjutan Tabel Perhitungan Data dari Selisih Nilai Mutlak

No	Bulan	Data Aktual	Data Nilai Selisih Mutlak
31	Jul-17	11.448	37
32	Agu-17	11.411	71
33	Sep-17	11.482	70
34	Okt-17	11.552	113
35	Nov-17	11.665	173
36	Des-17	11.838	438
37	Jan-18	12.276	138
38	Feb-18	12.414	115
39	Mar-18	12.299	264
40	Apr-18	12.035	92
41	Mei-18	11.943	36
42	Jun-18	11.907	29
43	Jul-18	11.936	37
44	Agu-18	11.899	1
45	Sep-18	11.900	26
46	Okt-18	11.926	87
47	Nov-18	12.013	93
48	Des-18	12.106	105
49	Jan-19	12.211	11
50	Feb-19	12.222	98
51	Mar-19	12.124	105
52	Apr-19	12.019	11
53	Mei-19	12.008	1
54	Jun-19	12.009	12
55	Jul-19	12.021	3
56	Agu-19	12.018	32
57	Sep-19	12.050	58
58	Okt-19	12.108	12
59	Nov-19	12.120	63
60	Des-19	12.183	160
61	Jan-20	12.343	12
62	Feb-20	12.355	13
63	Mar-20	12.368	14
64	Apr-20	12.382	89
65	Mei-20	12.293	69
66	Jun-20	12.224	11
67	Jul-20	12.213	1
68	Agu-20	12.212	23
69	Sep-20	12.189	2
70	Okt-20	12.187	8
71	Nov-20	12.179	6
72	Des-20	12.185	1

Lanjutan Tabel Perhitungan Data dari Selisih Nilai Mutlak

No	Bulan	Data Aktual	Data Nilai Selisih Mutlak
73	Jan-21	12.186	5
74	Feb-21	12.191	64
75	Mar-21	12.127	-
		Jumlah	5529
		Rata-rata	74,716 $\cong$ 75

Lampiran 3 Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

$$A_1 = \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0/u_{27} + 0/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_2 = \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0/u_{27} + 0/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_3 = \{0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0/u_{27} + 0/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_4 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0/u_{27} + 0/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_5 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0/u_{27} +$$

$$A_{23} = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0,5/u_{22} + 1/u_{23} + 0,5/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0/u_{27} + 0/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_{25} = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + \\ 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + \\ 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0,5/u_{24} + 1/u_{25} + 0,5/u_{26} + 0/u_{27} + \\ 0/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + \\ 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + \\ 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_{27} = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0,5/u_{26} + 1/u_{27} + 0,5/u_{28} + 0/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} + 0/u_{37} + 0/u_{38} + 0/u_{39} + 0/u_{40} + 0/u_{41} + 0/u_{42} + 0/u_{43} + 0/u_{44} + 0/u_{45} + 0/u_{46} + 0/u_{47} + 0/u_{48} + 0/u_{49} + 0/u_{50}\}$$

$$A_{28} = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} + 0/u_{19} + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23} + 0/u_{24} + 0/u_{25} + 0/u_{26} + 0,5/u_{27} + 1/u_{28} + 0,5/u_{29} + 0/u_{30} + 0/u_{31} + 0/u_{32} + 0/u_{33} + 0/u_{34} + 0/u_{35} + 0/u_{36} +$$

[illegible]

Lampiran 4 Matriks Probabilitas Transisi Berorde 50×50

$$\begin{pmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}$$

Lampiran 5 Tabel Nilai Peramalan Awal Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* Sebelum Disesuaikan

No	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal
1	Jan-15	10.612	-
2	Feb-15	10.766	10.760
3	Mar-15	10.987	11.000
4	Apr-15	10.648	10.640
5	Mei-15	10.569	10.560
6	Jun-15	10.679	10.680
7	Jul-15	10.732	10.720
8	Agu-15	10.935	10.920
9	Sep-15	11.055	11.040
10	Okt-15	11.169	11.160
11	Nov-15	11.365	11.360
12	Des-15	11.465	11.480
13	Jan-16	11.614	11.493
14	Feb-16	11.729	11.720
15	Mar-16	11.678	11.680
16	Apr-16	11.449	11.640
17	Mei-16	11.417	11.443
18	Jun-16	11.469	11.480
19	Jul-16	11.498	11.494
20	Agu-16	11.475	11.504
21	Sep-16	11.448	11.496
22	Okt-16	11.433	11.443
23	Nov-16	11.450	11.438
24	Des-16	11.476	11.443
25	Jan-17	11.579	11.496
26	Feb-17	11.571	11.580
27	Mar-17	11.494	11.577
28	Apr-17	11.449	11.502

Lanjutan Tabel Nilai Peramalan Awal Metode *Average Based Fuzzy Time Series*
Markov Chain Sebelum Disesuaikan

No	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal
29	Mei-17	11.465	11.443
30	Jun-17	11.465	11.493
31	Jul-17	11.448	11.493
32	Agu-17	11.411	11.443
33	Sep-17	11.482	11.480
34	Okt-17	11.552	11.498
35	Nov-17	11.665	11.571
36	Des-17	11.838	11.640
37	Jan-18	12.276	12.280
38	Feb-18	12.414	12.227
39	Mar-18	12.299	12.280
40	Apr-18	12.035	12.227
41	Mei-18	11.943	12.027
42	Jun-18	11.907	11.920
43	Jul-18	11.936	11.924
44	Agu-18	11.899	11.938
45	Sep-18	11.900	11.920
46	Okt-18	11.926	11.920
47	Nov-18	12.013	11.933
48	Des-18	12.106	12.045
49	Jan-19	12.211	12.127
50	Feb-19	12.222	12.215
51	Mar-19	12.124	12.160
52	Apr-19	12.019	12.131
53	Mei-19	12.008	12.048
54	Jun-19	12.009	12.043
55	Jul-19	12.021	12.044
56	Agu-19	12.018	12.027
57	Sep-19	12.050	12.047
58	Okt-19	12.108	12.027
59	Nov-19	12.120	12.127
60	Des-19	12.183	12.130
61	Jan-20	12.343	12.199
62	Feb-20	12.355	12.362
63	Mar-20	12.368	12.370
64	Apr-20	12.382	12.379
65	Mei-20	12.293	12.400

Lanjutan Tabel Nilai Peramalan Awal Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* Sebelum Disesuaikan

No	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal
66	Jun-20	12.224	12.227
67	Jul-20	12.213	12.160
68	Agu-20	12.212	12.216
69	Sep-20	12.189	12.216
70	Okt-20	12.187	12.203
71	Nov-20	12.179	12.202
72	Des-20	12.185	12.200
73	Jan-21	12.186	12.201
74	Feb-21	12.191	12.201
75	Mar-21	12.127	12.204

Lampiran 6 Tabel Hasil Peramalan Akhir Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain*

No	Bulan	Data Aktual	Nilai Penyesuaian	Peramalan Akhir
1	Jan-15	10.612	-	-
2	Feb-15	10.766	100	10.860
3	Mar-15	10.987	150	11.150
4	Apr-15	10.648	-225	10.415
5	Mei-15	10.569	-50	10.510
6	Jun-15	10.679	75	10.755
7	Jul-15	10.732	25	10.745
8	Agu-15	10.935	125	11.045
9	Sep-15	11.055	75	11.115
10	Okt-15	11.169	75	11.235
11	Nov-15	11.365	125	11.485
12	Des-15	11.465	75	11.555
13	Jan-16	11.614	75	11.568
14	Feb-16	11.729	75	11.795
15	Mar-16	11.678	25	11.705
16	Apr-16	11.449	-150	11.490
17	Mei-16	11.417	-25	11.418
18	Jun-16	11.469	50	11.530
19	Jul-16	11.498	0	11.494
20	Agu-16	11.475	0	11.504
21	Sep-16	11.448	-25	11.471
22	Okt-16	11.433	0	11.443
23	Nov-16	11.450	0	11.438

Lanjutan Tabel Hasil Peramalan Akhir Metode *Average Based Fuzzy Time Series*
Markov Chain

No	Bulan	Data Aktual	Nilai Penyesuaian	Peramalan Akhir
24	Des-16	11.476	25	11.468
25	Jan-17	11.579	50	11.546
26	Feb-17	11.571	0	11.580
27	Mar-17	11.494	-50	11.527
28	Apr-17	11.449	-25	11.477
29	Mei-17	11.465	25	11.468
30	Jun-17	11.465	0	11.493
31	Jul-17	11.448	-25	11.468
32	Agu-17	11.411	-25	11.418
33	Sep-17	11.482	50	11.530
34	Okt-17	11.552	50	11.548
35	Nov-17	11.665	75	11.646
36	Des-17	11.838	100	11.740
37	Jan-18	12.276	275	12.555
38	Feb-18	12.414	75	12.302
39	Mar-18	12.299	-75	12.205
40	Apr-18	12.035	-150	12.077
41	Mei-18	11.943	-50	11.977
42	Jun-18	11.907	-25	11.895
43	Jul-18	11.936	0	11.924
44	Agu-18	11.899	-25	11.913
45	Sep-18	11.900	25	11.945
46	Okt-18	11.926	0	11.920
47	Nov-18	12.013	50	11.983
48	Des-18	12.106	75	12.120
49	Jan-19	12.211	50	12.177
50	Feb-19	12.222	25	12.240
51	Mar-19	12.124	25	12.185
52	Apr-19	12.019	-75	12.056
53	Mei-19	12.008	0	12.048
54	Jun-19	12.009	0	12.043
55	Jul-19	12.021	25	12.069
56	Agu-19	12.018	-25	12.002
57	Sep-19	12.050	25	12.072
58	Okt-19	12.108	50	12.077
59	Nov-19	12.120	0	12.127
60	Des-19	12.183	50	12.180

Lanjutan Tabel Hasil Peramalan Akhir Metode *Average Based Fuzzy Time Series*
Markov Chain

No	Bulan	Data Aktual	Nilai Penyesuaian	Peramalan Akhir
61	Jan-20	12.343	100	12.299
62	Feb-20	12.355	0	12.362
63	Mar-20	12.368	0	12.370
64	Apr-20	12.382	25	12.404
65	Mei-20	12.293	-75	12.325
66	Jun-20	12.224	-25	12.202
67	Jul-20	12.213	-25	12.135
68	Agu-20	12.212	0	12.216
69	Sep-20	12.189	0	12.216
70	Okt-20	12.187	0	12.203
71	Nov-20	12.179	-25	12.177
72	Des-20	12.185	25	12.225
73	Jan-21	12.186	0	12.201
74	Feb-21	12.191	0	12.201
75	Mar-21	12.127	-50	12.154

Lampiran 7 Tabel Nilai i, j dan Y Setiap Data pada Metode Algoritma Novel
Fuzzy Time Series

No	Bulan	Data Aktual	i	j	Y
1	Jan-15	10.612		-	
2	Feb-15	10.766	3	7	154
3	Mar-15	10.987	7	13	67
4	Apr-15	10.648	13	4	-560
5	Mei-15	10.569	4	2	260
6	Jun-15	10.679	2	5	189
7	Jul-15	10.732	5	6	-57
8	Agu-15	10.935	6	11	150
9	Sep-15	11.055	11	14	-83
10	Okt-15	11.169	14	17	-6
11	Nov-15	11.365	17	22	82
12	Des-15	11.465	22	25	-96
13	Jan-16	11.614	25	28	49
14	Feb-16	11.729	28	31	-34
15	Mar-16	11.678	31	30	-166
16	Apr-16	11.449	30	24, 34	-178
17	Mei-16	11.417	24	23, 24, 25	197
18	Jun-16	11.469	23	25	84

Lanjutan Tabel Nilai i, j dan Y Setiap Data pada Metode Algoritma Novel Fuzzy

Time Series

No	Bulan	Data Aktual	i	j	Y
19	Jul-16	11.498	25	24, 25, 27, 28	-23
20	Agu-16	11.475	25	24, 25, 27, 28	-52
21	Sep-16	11.448	25	24, 25, 27, 28	-4
22	Okt-16	11.433	24	23, 24, 25	12
23	Nov-16	11.450	24	23, 24, 25	32
24	Des-16	11.476	24	23, 24, 25	9
25	Jan-17	11.579	25	24, 25, 27, 28	77
26	Feb-17	11.571	27	25, 27, 30	-111
27	Mar-17	11.494	27	25, 27, 30	-69
28	Apr-17	11.449	25	24, 25, 27, 28	32
29	Mei-17	11.465	24	23, 24, 25	61
30	Jun-17	11.465	25	24, 25, 27, 28	-16
31	Jul-17	11.448	25	24, 25, 27, 28	-17
32	Agu-17	11.411	24	23, 24, 25	-20
33	Sep-17	11.482	23	25	108
34	Okt-17	11.552	25	24, 25, 27, 28	-1
35	Nov-17	11.665	27	25, 27, 30	43
36	Des-17	11.838	30	24, 34	60
37	Jan-18	12.276	34	45	265
38	Feb-18	12.414	45	39, 44, 48	-300
39	Mar-18	12.299	48	45	-253
40	Apr-18	12.035	45	39, 44, 48	-149
41	Mei-18	11.943	39	37, 38, 41	172
42	Jun-18	11.907	37	36	56
43	Jul-18	11.936	36	35, 36, 38	65
44	Agu-18	11.899	36	35, 36, 38	-66
45	Sep-18	11.900	35	36	38
46	Okt-18	11.926	36	35, 36, 38	25
47	Nov-18	12.013	36	35, 36, 38	61
48	Des-18	12.106	38	38, 39, 41	6
49	Jan-19	12.211	41	38, 41, 43	12
50	Feb-19	12.222	43	41, 42, 43, 44, 47	-94
51	Mar-19	12.124	44	41, 43	-109
52	Apr-19	12.019	41	38, 41, 43	-7
53	Mei-19	12.008	38	38, 39, 41	94
54	Jun-19	12.009	38	38, 39, 41	12
55	Jul-19	12.021	38	38, 39, 41	11

Lanjutan Tabel Nilai i, j dan Y Setiap Data pada Metode Algoritma Novel Fuzzy

Time Series

No	Bulan	Data Aktual	i	j	Y
56	Agu-19	12.018	39	37, 38, 41	-15
57	Sep-19	12.050	38	38, 39, 41	35
58	Okt-19	12.108	39	37, 38, 41	26
59	Nov-19	12.120	41	38, 41, 43	-46
60	Des-19	12.183	41	38, 41, 43	51
61	Jan-20	12.343	43	41, 42, 43, 44, 47	97
62	Feb-20	12.355	47	47, 48	-148
63	Mar-20	12.368	47	47, 48	1
64	Apr-20	12.382	47	47, 48	1
65	Mei-20	12.293	48	45	-103
66	Jun-20	12.224	45	39, 44, 48	20
67	Jul-20	12.213	44	41, 43	58
68	Agu-20	12.212	43	41, 42, 43, 44, 47	10
69	Sep-20	12.189	43	41, 42, 43, 44, 47	-22
70	Okt-20	12.187	43	41, 42, 43, 44, 47	21
71	Nov-20	12.179	43	41, 42, 43, 44, 47	-6
72	Des-20	12.185	42	43	14
73	Jan-21	12.186	43	41, 42, 43, 44, 47	-5
74	Feb-21	12.191	43	41, 42, 43, 44, 47	4
75	Mar-21	12.127	43	41, 42, 43, 44, 47	-69

Lampiran 8 Tabel Hasil Peramalan Akhir Metode Algoritma Novel Fuzzy

Time Series

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan
1	Jan-15	10.612	-
2	Feb-15	10.766	10.750
3	Mar-15	10.987	11.000
4	Apr-15	10.648	10.640
5	Mei-15	10.569	10.560
6	Jun-15	10.679	10.670
7	Jul-15	10.732	10.710
8	Agu-15	10.935	10.920
9	Sep-15	11.055	11.040
10	Okt-15	11.169	11.160
11	Nov-15	11.365	11.360
12	Des-15	11.465	11.480
13	Jan-16	11.614	11.600

Lanjutan Tabel Hasil Peramalan Akhir Metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan
14	Feb-16	11.729	11.720
15	Mar-16	11.678	11.680
16	Apr-16	11.449	11.440
17	Mei-16	11.417	11.440
18	Jun-16	11.469	11.480
19	Jul-16	11.498	11.520
20	Agu-16	11.475	11.520
21	Sep-16	11.448	11.520
22	Okt-16	11.433	11.440
23	Nov-16	11.450	11.440
24	Des-16	11.476	11.440
25	Jan-17	11.579	11.520
26	Feb-17	11.571	11.560
27	Mar-17	11.494	11.480
28	Apr-17	11.449	11.520
29	Mei-17	11.465	11.440
30	Jun-17	11.465	11.520
31	Jul-17	11.448	11.520
32	Agu-17	11.411	11.440
33	Sep-17	11.482	11.470
34	Okt-17	11.552	11.520
35	Nov-17	11.665	11.680
36	Des-17	11.838	11.840
37	Jan-18	12.276	12.280
38	Feb-18	12.414	12.400
39	Mar-18	12.299	12.270
40	Apr-18	12.035	12.040
41	Mei-18	11.943	11.960
42	Jun-18	11.907	11.920
43	Jul-18	11.936	11.933
44	Agu-18	11.899	11.933
45	Sep-18	11.900	11.910
46	Okt-18	11.926	11.933
47	Nov-18	12.013	11.933
48	Des-18	12.106	12.053
49	Jan-19	12.211	12.200
50	Feb-19	12.222	12.230

Lanjutan Tabel Hasil Peramalan Akhir Metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan
51	Mar-19	12.124	12.160
52	Apr-19	12.019	12.000
53	Mei-19	12.008	12.053
54	Jun-19	12.009	12.053
55	Jul-19	12.021	12.053
56	Agu-19	12.018	11.990
57	Sep-19	12.050	12.053
58	Okt-19	12.108	12.150
59	Nov-19	12.120	12.110
60	Des-19	12.183	12.200
61	Jan-20	12.343	12.390
62	Feb-20	12.355	12.380
63	Mar-20	12.368	12.380
64	Apr-20	12.382	12.380
65	Mei-20	12.293	12.280
66	Jun-20	12.224	12.270
67	Jul-20	12.213	12.160
68	Agu-20	12.212	12.190
69	Sep-20	12.189	12.190
70	Okt-20	12.187	12.190
71	Nov-20	12.179	12.190
72	Des-20	12.185	12.190
73	Jan-21	12.186	12.190
74	Feb-21	12.191	12.230
75	Mar-21	12.127	12.120

Lampiran 9 Tabel Pengujian Tingkat Akurasi *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain*

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan	MAPE
1	Jan-15	10.612	-	-
2	Feb-15	10.766	10.860	0.009
3	Mar-15	10.987	11.150	0.015
4	Apr-15	10.648	10.415	0.022
5	Mei-15	10.569	10.510	0.006
6	Jun-15	10.679	10.755	0.007
7	Jul-15	10.732	10.745	0.001

Lanjutan Tabel Pengujian Tingkat Akurasi *Average Based Fuzzy Time Series*
Markov Chain

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan	MAPE
8	Agu-15	10.935	11.045	0.010
9	Sep-15	11.055	11.115	0.005
10	Okt-15	11.169	11.235	0.006
11	Nov-15	11.365	11.485	0.010
12	Des-15	11.465	11.555	0.008
13	Jan-16	11.614	11.568	0.004
14	Feb-16	11.729	11.795	0.006
15	Mar-16	11.678	11.705	0.002
16	Apr-16	11.449	11.490	0.004
17	Mei-16	11.417	11.418	0.000
18	Jun-16	11.469	11.530	0.005
19	Jul-16	11.498	11.494	0.000
20	Agu-16	11.475	11.504	0.003
21	Sep-16	11.448	11.471	0.002
22	Okt-16	11.433	11.443	0.001
23	Nov-16	11.450	11.438	0.001
24	Des-16	11.476	11.468	0.001
25	Jan-17	11.579	11.546	0.003
26	Feb-17	11.571	11.580	0.001
27	Mar-17	11.494	11.527	0.003
28	Apr-17	11.449	11.477	0.002
29	Mei-17	11.465	11.468	0.000
30	Jun-17	11.465	11.493	0.002
31	Jul-17	11.448	11.468	0.002
32	Agu-17	11.411	11.418	0.001
33	Sep-17	11.482	11.530	0.004
34	Okt-17	11.552	11.548	0.000
35	Nov-17	11.665	11.646	0.002
36	Des-17	11.838	11.740	0.008
37	Jan-18	12.276	12.555	0.022
38	Feb-18	12.414	12.302	0.009
39	Mar-18	12.299	12.205	0.008
40	Apr-18	12.035	12.077	0.003
41	Mei-18	11.943	11.977	0.003
42	Jun-18	11.907	11.895	0.001
43	Jul-18	11.936	11.924	0.001
44	Agu-18	11.899	11.913	0.001

Lanjutan Tabel Pengujian Tingkat Akurasi *Average Based Fuzzy Time Series*
Markov Chain

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan	MAPE
45	Sep-18	11.900	11.945	0.004
46	Okt-18	11.926	11.920	0.001
47	Nov-18	12.013	11.983	0.003
48	Des-18	12.106	12.120	0.001
49	Jan-19	12.211	12.177	0.003
50	Feb-19	12.222	12.240	0.001
51	Mar-19	12.124	12.185	0.005
52	Apr-19	12.019	12.056	0.003
53	Mei-19	12.008	12.048	0.003
54	Jun-19	12.009	12.043	0.003
55	Jul-19	12.021	12.069	0.004
56	Agu-19	12.018	12.002	0.001
57	Sep-19	12.050	12.072	0.002
58	Okt-19	12.108	12.077	0.003
59	Nov-19	12.120	12.127	0.001
60	Des-19	12.183	12.180	0.000
61	Jan-20	12.343	12.299	0.004
62	Feb-20	12.355	12.362	0.001
63	Mar-20	12.368	12.370	0.000
64	Apr-20	12.382	12.404	0.002
65	Mei-20	12.293	12.325	0.003
66	Jun-20	12.224	12.202	0.002
67	Jul-20	12.213	12.135	0.006
68	Agu-20	12.212	12.216	0.000
69	Sep-20	12.189	12.216	0.002
70	Okt-20	12.187	12.203	0.001
71	Nov-20	12.179	12.177	0.000
72	Des-20	12.185	12.225	0.003
73	Jan-21	12.186	12.201	0.001
74	Feb-21	12.191	12.201	0.001
75	Mar-21	12.127	12.154	0.002
Jumlah				0.36%

**Lampiran 10 Tabel Pengujian Tingkat Akurasi Metode Algoritma Novel
Fuzzy Time Series**

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan	MAPE
1	Jan-15	10.612	-	-
2	Feb-15	10.766	10.750	0.001
3	Mar-15	10.987	11.000	0.001
4	Apr-15	10.648	10.640	0.001
5	Mei-15	10.569	10.560	0.001
6	Jun-15	10.679	10.670	0.001
7	Jul-15	10.732	10.710	0.002
8	Agu-15	10.935	10.920	0.001
9	Sep-15	11.055	11.040	0.001
10	Okt-15	11.169	11.160	0.001
11	Nov-15	11.365	11.360	0.000
12	Des-15	11.465	11.480	0.001
13	Jan-16	11.614	11.600	0.001
14	Feb-16	11.729	11.720	0.001
15	Mar-16	11.678	11.680	0.000
16	Apr-16	11.449	11.440	0.001
17	Mei-16	11.417	11.440	0.002
18	Jun-16	11.469	11.480	0.001
19	Jul-16	11.498	11.520	0.002
20	Agu-16	11.475	11.520	0.004
21	Sep-16	11.448	11.520	0.006
22	Okt-16	11.433	11.440	0.001
23	Nov-16	11.450	11.440	0.001
24	Des-16	11.476	11.440	0.003
25	Jan-17	11.579	11.520	0.005
26	Feb-17	11.571	11.560	0.001
27	Mar-17	11.494	11.480	0.001
28	Apr-17	11.449	11.520	0.006
29	Mei-17	11.465	11.440	0.002
30	Jun-17	11.465	11.520	0.005
31	Jul-17	11.448	11.520	0.006
32	Agu-17	11.411	11.440	0.003
33	Sep-17	11.482	11.470	0.001
34	Okt-17	11.552	11.520	0.003
35	Nov-17	11.665	11.680	0.001
36	Des-17	11.838	11840	0.000

Lanjutan Tabel Pengujian Tingkat Akurasi Metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan	MAPE
37	Jan-18	12.276	12.280	0.000
38	Feb-18	12.414	12.400	0.001
39	Mar-18	12.299	12.270	0.002
40	Apr-18	12.035	12.040	0.000
41	Mei-18	11.943	11.960	0.001
42	Jun-18	11.907	11.920	0.001
43	Jul-18	11.936	11.933	0.000
44	Agu-18	11.899	11.933	0.003
45	Sep-18	11.900	11.910	0.001
46	Okt-18	11.926	11.933	0.001
47	Nov-18	12.013	11.933	0.007
48	Des-18	12.106	12.053	0.004
49	Jan-19	12.211	12.200	0.001
50	Feb-19	12.222	12.230	0.001
51	Mar-19	12.124	12.160	0.003
52	Apr-19	12.019	12.000	0.002
53	Mei-19	12.008	12.053	0.004
54	Jun-19	12.009	12.053	0.004
55	Jul-19	12.021	12.053	0.003
56	Agu-19	12.018	11.990	0.002
57	Sep-19	12.050	12.053	0.000
58	Okt-19	12.108	12.150	0.003
59	Nov-19	12.120	12.110	0.001
60	Des-19	12.183	12.200	0.001
61	Jan-20	12.343	12.390	0.004
62	Feb-20	12.355	12.380	0.002
63	Mar-20	12.368	12.380	0.001
64	Apr-20	12.382	12.380	0.000
65	Mei-20	12.293	12.280	0.001
66	Jun-20	12.224	12.270	0.004
67	Jul-20	12.213	12.160	0.004
68	Agu-20	12.212	12.190	0.002
69	Sep-20	12.189	12.190	0.000
70	Okt-20	12.187	12.190	0.000
71	Nov-20	12.179	12.190	0.001
72	Des-20	12.185	12.190	0.000

Lanjutan Tabel Pengujian Tingkat Akurasi Metode Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan	MAPE
73	Jan-21	12.186	12.190	0.000
74	Feb-21	12.191	12.230	0.003
75	Mar-21	12.127	12.120	0.001
Jumlah				0.19%

Lampiran 11 Tabel Perbandingan Hasil Peramalan Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	<i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i>
1	Jan-15	10.612	-	-
2	Feb-15	10.766	10.860	10.750
3	Mar-15	10.987	11.150	11.000
4	Apr-15	10.648	10.415	10.640
5	Mei-15	10.569	10.510	10.560
6	Jun-15	10.679	10.755	10.670
7	Jul-15	10.732	10.745	10.710
8	Agu-15	10.935	11.045	10.920
9	Sep-15	11.055	11.115	11.040
10	Okt-15	11.169	11.235	11.160
11	Nov-15	11.365	11.485	11.360
12	Des-15	11.465	11.555	11.480
13	Jan-16	11.614	11.568	11.600
14	Feb-16	11.729	11.795	11.720
15	Mar-16	11.678	11.705	11.680
16	Apr-16	11.449	11.490	11.440
17	Mei-16	11.417	11.418	11.440
18	Jun-16	11.469	11.530	11.480
19	Jul-16	11.498	11.494	11.520
20	Agu-16	11.475	11.504	11.520
21	Sep-16	11.448	11.471	11.520
22	Okt-16	11.433	11.443	11.440
23	Nov-16	11.450	11.438	11.440
24	Des-16	11.476	11.468	11.440
25	Jan-17	11.579	11.546	11.520
26	Feb-17	11.571	11.580	11.560

Lanjutan Tabel Perbandingan Hasil Peramalan Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	<i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	Algoritma Novel <i>Fuzzy Time Series</i>
27	Mar-17	11.494	11.527	11.480
28	Apr-17	11.449	11.477	11.520
29	Mei-17	11.465	11.468	11.440
30	Jun-17	11.465	11.493	11.520
31	Jul-17	11.448	11.468	11.520
32	Agu-17	11.411	11.418	11.440
33	Sep-17	11.482	11.530	11.470
34	Okt-17	11.552	11.548	11.520
35	Nov-17	11.665	11.646	11.680
36	Des-17	11.838	11.740	11.840
37	Jan-18	12.276	12.555	12.280
38	Feb-18	12.414	12.302	12.400
39	Mar-18	12.299	12.205	12.270
40	Apr-18	12.035	12.077	12.040
41	Mei-18	11.943	11.977	11.960
42	Jun-18	11.907	11.895	11.920
43	Jul-18	11.936	11.924	11.933
44	Agu-18	11.899	11.913	11.933
45	Sep-18	11.900	11.945	11.910
46	Okt-18	11.926	11.920	11.933
47	Nov-18	12.013	11.983	11.933
48	Des-18	12.106	12.120	12.053
49	Jan-19	12.211	12.177	12.200
50	Feb-19	12.222	12.240	12.230
51	Mar-19	12.124	12.185	12.160
52	Apr-19	12.019	12.056	12.000
53	Mei-19	12.008	12.048	12.053
54	Jun-19	12.009	12.043	12.053
55	Jul-19	12.021	12.069	12.053
56	Agu-19	12.018	12.002	11.990
57	Sep-19	12.050	12.072	12.053
58	Okt-19	12.108	12.077	12.150
59	Nov-19	12.120	12.127	12.110
60	Des-19	12.183	12.180	12.200

Lanjutan Tabel Perbandingan Hasil Peramalan Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series*

No	Bulan	Data Aktual	<i>Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	<i>Algoritma Novel Fuzzy Time Series</i>
61	Jan-20	12.343	12.299	12.390
62	Feb-20	12.355	12.362	12.380
63	Mar-20	12.368	12.370	12.380
64	Apr-20	12.382	12.404	12.380
65	Mei-20	12.293	12.325	12.280
66	Jun-20	12.224	12.202	12.270
67	Jul-20	12.213	12.135	12.160
68	Agu-20	12.212	12.216	12.190
69	Sep-20	12.189	12.216	12.190
70	Okt-20	12.187	12.203	12.190
71	Nov-20	12.179	12.177	12.190
72	Des-20	12.185	12.225	12.190
73	Jan-21	12.186	12.201	12.190
74	Feb-21	12.191	12.201	12.230
75	Mar-21	12.127	12.154	12.120

RIWAYAT HIDUP



Syavira Habib Al-adawiyah lahir di Kabupaten Kediri pada 24 Juli 1999. Anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Nur Kabid dan Ibu Sulikawati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kapas (2005-2011), kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di MTsN Purwoasri yang sekarang berganti nama menjadi MTsN 3 Kediri (2011-2014). Tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di MAN Purwoasri yang berganti nama menjadi MAN 2 Kediri (2014-2017). Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan kejenjang perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan Program Studi Matematika.



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp/Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Syavira Habib Al-adawiyah
NIM : 17610013
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Perbandingan Tingkat Akurasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain* dan Algoritma Novel *Fuzzy Time Series* (Studi Kasus: Harga Beras di Tingkat Perdagangan Besar Indonesia)
Pembimbing I : Evawati Alisah, M.Pd
Pembimbing II : Abdul Aziz, M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	02 Februari 2021	Konsultasi Bab I dan II	1.
2	22 Maret 2021	Revisi Bab I, II, dan Konsultasi Bab III	2.
3	05 April 2021	Konsultasi Keagamaan Bab I dan Bab II	3.
4	13 April 2021	Revisi Kajian Agama Bab I dan Bab II	4.
5	22 April 2021	Konsultasi Bab III	5.
6	04 Mei 2021	Revisi Bab III	6.
7	06 Mei 2021	ACC untuk Seminar Proposal oleh Dosen Pembimbing II	7.
8	07 Mei 2021	ACC untuk Seminar Proposal oleh Dosen Pembimbing I	8.
9	27 Juni 2021	Revisi Pasca Seminar Proposal dan Konsultasi Bab IV	9.
10	08 september 2021	Revisi Bab IV dan Konsultasi Bab V	10.
11	29 September 2021	Revisi BAB V dan Konsultasi Abstrak	11.
12	13 Oktober 2021	Revisi Abstrak	12.
13	14 Oktober 2021	Konsultasi Keagamaan Bab IV	13.

14	04 November 2021	ACC Keseluruhan dari dosen Pembimbing I	14. <i>Ep.</i>
15	04 November 2021	ACC Keseluruhan dari dosen Pembimbing II	15. <i>[Signature]</i>

Malang, 01 Desember 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005