

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN*
DAN *FUZZY TIME SERIES CHENG*
(Studi Kasus: Rata-rata Harga Beras)**

SKRIPSI

**OLEH
NOVIANI
NIM. 15610035**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN*
DAN *FUZZY TIME SERIES CHENG*
(Studi Kasus: Rata-rata Harga Beras)**

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
Noviani
NIM. 15610035**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN*
DAN *FUZZY TIME SERIES CHENG*
(Studi Kasus : Rata-rata Harga Beras)**

SKRIPSI

Oleh
Noviani
NIM. 15610035

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 18 Desember 2020

Pembimbing I,



Dewi Ismiarti, M.Si
NIDT. 19870505 20160801 2 058

Pembimbing II,



Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd
NIP. 19770521 200501 2 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN*
DAN *FUZZY TIME SERIES CHENG*
(Studi Kasus: Rata-rata Harga Beras)**

SKRIPSI

**Oleh
Noviani
NIM. 15610035**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 20 Januari 2021

Penguji Utama : Abdul Aziz, M.Si
Ketua Penguji : Evawati Alisah, M.Pd
Sekretaris Penguji : Dewi Ismiarti, M.Si
Anggota Penguji : Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd



Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Noviani

NIM : 15610035

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* (Studi Kasus: Rata-rata Harga Beras)

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

Malang, 02 Januari 2021
Yang membuat pernyataan,



Noviani
NIM. 15610035

MOTTO

تَعَلَّمْ فَلَيْسَ الْمَرْءُ يُوَلَّدُ عَالِمًا

“Belajarlah karena tidak ada seorangpun yang dilahirkan dalam keadaan berilmu”
(Imam Asy-Syafi'i)



PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayahanda H. Matraji dan Ibunda Hj. Fatmawati tercinta, yang selalu mendoakan, memberi nasihat, dan kasih sayang, serta adik tersayang Devitriyana yang selalu memberikan dukungan dan semangat bagi penulis di tanah rantau ini.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt yang selalu melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Tingkat Akurasi Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan terutama kepada:

1. Prof. Dr. Abd. Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku ketua jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dewi Ismiarti, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan pengalaman berharga kepada penulis.

5. Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.
6. Segenap civitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya.
7. Ayah dan Ibu serta saudara tercinta yang selalu memberikan do'a, semangat dan motivasi sampai saat ini.
8. Saudara "Shovan Fanny Mahmad", yang selalu membantu dan memberikan dukungan dari awal penelitian sampai saat ini.
9. Teman-teman mahasiswa Jurusan Matematika angkatan 2015 (LATTICE) khususnya Sobat Arema yang berjuang bersama-sama untuk meraih mimpi, terima kasih atas motivasi dan kenangan indah yang dirajut bersama.
10. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materil.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat, kebarokahan, dan karunia-Nya kepada kita semua. Selain itu, penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya. *Aamiin*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 20 Desember 2020



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
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	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Peramalan	8
2.2 <i>Time Series</i>	8
2.3 Himpunan <i>Fuzzy</i>	9
2.4 <i>Fuzzy Time Series</i>	11
2.5 Proses Stokastik.....	12
2.6 Rantai <i>Markov</i> (Markov Chain)	13
2.7 Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	13
2.8 Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	18
2.9 Pengujian Keakuratan.....	20
2.10 Kajian Peramalan dalam Al-Qur'an	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian.....	23
3.2 Jenis dan Sumber Data	23
3.3 Teknik Analisis Data	23
3.3.1 Menganalisis deskriptif data	23
3.3.2 Peramalan Data menggunakan Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	23
3.3.3 Peramalan Data Menggunakan Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	24
3.3.4 Analisis Perbandingan.....	24
3.4 <i>Flowchart</i> Penelitian	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif Data	26
4.2 Penerapan Metode Peramalan pada Data Rata-rata Harga Beras Indonesia.....	28
4.2.1 Peramalan Rata-rata Harga Beras Menggunakan Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	28
4.2.2 Peramalan Rata-rata Harga Beras Menggunakan Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	39
4.3 Perbandingan Tingkat Akurasi	50
4.4 Hasil Peramalan dengan Metode yang Lebih Baik	52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA	57
-----------------------------	----

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Rata-Rata Harga Beras di Perdagangan Besar Indonesia Januari 2015- Oktober 2019	26
Tabel 4.2	Interval (u) dan Nilai Tengah (m) pada Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	29
Tabel 4.3	Fuzzifikasi Data pada Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i> ...	30
Tabel 4.4	FLR pada Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	31
Tabel 4.5	FLRG pada Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	32
Tabel 4.6	Matriks Probabilitas Perpindahan State dari \tilde{A}_i ke \tilde{A}_j	34
Tabel 4.7	Hasil Perkiraan Awal pada Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	35
Tabel 4.8	Nilai Penyesuaian (D_t)	37
Tabel 4.9	Hasil Peramalan Setelah Disesuaikan	38
Tabel 4.10	Interval Data pada Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	40
Tabel 4.11	Interval Data Harga Beras setelah Pembagian	41
Tabel 4.12	Fuzzifikasi Data Historis Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	42
Tabel 4.13	FLR pada Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	43
Tabel 4.14	FLRG pada Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	44
Tabel 4.15	Bobot pada FLRG	45
Tabel 4.16	Bobot Ternormalisasi	46
Tabel 4.17	Hasil Perkiraan Awal pada Metode <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	47
Tabel 4.18	Nilai Peramalan Adaptif	49
Tabel 4.19	Perhitungan Tingkat Akurasi	50
Tabel 4.20	Hasil Peramalan Metode <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Time Series Data Rata-rata Harga Beras.....	27
Gambar 4.2	Proses Transisi Peramalan Berdasarkan FLRG	33
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan Awal <i>F(t) Fuzzy Time Series Makov Chain</i>	36
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	39
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan Awal <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	48
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	50
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Data Aktual, Peramalan <i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i> dan <i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	51

ABSTRAK

Noviani. 2020. **Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* (Studi kasus: Rata-rata Harga Beras)**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dewi Ismiarti, M.Si, (II) Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd

Kata kunci: *Fuzzy Time Series Markov Chain*, *Fuzzy Time Series Cheng*, Harga Beras, *MAPE*

Penelitian ini membahas tentang perbandingan tingkat akurasi metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* dalam peramalan rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia berdasarkan nilai *MAPE*. Penelitian ini menggunakan data bulanan rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar (grosir) Indonesia (perusahaan) dari Januari 2015 sampai Oktober 2019 dengan satuan Rp/Kg. Data tersebut diambil secara online di situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki nilai *MAPE* sebesar 0,52% yang berarti tingkat akurasi mencapai 99,48% dari data aktual. Sedangkan *Fuzzy Time Series Cheng* memiliki nilai *MAPE* sebesar 0,69% yang berarti tingkat akurasi mencapai 99,31% dari data aktual. Berdasarkan uji akurasi menggunakan *MAPE* dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* merupakan metode yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series Cheng* dalam meramalkan rata-rata harga beras karena memiliki nilai akurasi ramalan *MAPE* yang lebih kecil. Sehingga untuk peramalan bulan berikutnya menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

ABSTRACT

Noviani. 2020. **The Comparison of Fuzzy Time Series Markov Chain and Fuzzy Time Series Cheng Methods (Case Study: Average Rice Price)**. Thesis. Mathematics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Dewi Ismiarti, M.Si, (II) Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd

Keywords: Fuzzy Time Series Markov Chain, Fuzzy Time Series Cheng, Rice Price, MAPE

This research discusses the comparison of the level of accuracy of the Fuzzy Time Series Markov Chain and Fuzzy Time Series Cheng methods in the average rice price at the Indonesian wholesale trade level forecasting based on the MAPE value. This research used monthly data of the average price of rice at the Indonesian wholesale trade level (company) from January 2015 to October 2019 with units of Rp / Kg. The data is taken online on the official website of the central statistics agency (bps). The results showed that the Fuzzy Time Series Markov Chain method has a MAPE value of 0.52%, which means that the accuracy rate reaches 99.48% of the actual data. Meanwhile, Fuzzy Time Series Cheng has a MAPE value of 0.69%, which means that the accuracy rate reaches 99.31% of the actual data. Based on the accuracy-test using MAPE, it can be concluded that the Fuzzy Time Series Markov Chain method is a better method than the Fuzzy Time Series Cheng method in the average rice price forecasting because it has a smaller MAPE forecast accuracy value. So that for the next month forecasting using the Fuzzy Time Series Markov Chain method.

ملخص

نوفباني. ٢٠٢٠. مقارنة بين سلسلة ماركوف المتسلسلة الزمنية الضبابية وطريقة تشينج المتسلسلة الزمنية المبهمه (دراسة حالة: متوسط سعر الأرز). البحث الجامعي. شعبة الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: ديوي اسمياري الماجستير. المشرف الثاني: أري كوسوماستوتي الماجستير.

الكلمة الرئيسية : ضبابي سلسلة زمنية سلسلة ماركوف، ضبابي سلسلة زمنية تشنغ، السعر الأرز، متوسط الخطأ النسبة المئوية المطلقة

في هذا البحث يحس عن مقارنة دقة طرق طريقة ضبابي السلاسل الزمنية سلسلة ماركوف وضبابي السلاسل الزمنية تشنغ في متوسط سعر الأرز عند التنبؤ بمستوى تجارة الجملة الإندونيسية بناءً على قيمة متوسط الخطأ النسبة المئوية المطلقة. في هذا البحث، البيانات المستخدمة هي بيانات شهرية عن متوسط السعر الأرز على مستوى التجارة الرئيسية في إندونيسيا بين يناير ٢٠١٥ وأكتوبر ٢٠١٩ في شكل روية / كجم. يتم أخذ البيانات عبر الإنترنت على الموقع الرسمي لوكالة الإحصاء المركزية (BPS). أظهرت النتائج أن طريقة ضبابي السلاسل الزمنية سلسلة ماركوف كانت لها قيمة متوسط الخطأ النسبة المئوية المطلقة بنسبة ٠,٥٢ ٪ مما يعني أن معدل الدقة يصل إلى ٩٩,٤٨ ٪ من البيانات الفعلية. من البيانات الفعلية. في حين أن ضبابي السلاسل الزمنية تشنغ كانت لها قيمة متوسط الخطأ النسبة المئوية المطلقة بنسبة ٠,٦٩ ٪ ، مما يعني أن معدل الدقة يصل إلى ٩٩,٣١ ٪ من البيانات الفعلية. استنادًا إلى اختبار الدقة باستخدام متوسط الخطأ النسبة المئوية المطلقة ، يمكن استنتاج أن طريقة ضبابي السلاسل الزمنية سلسلة ماركوف هي أفضل طريقة من طريقة وضبابي السلاسل الزمنية تشنغ للتنبؤ متوسط سعر الأرز عند التنبؤ بمستوى تجارة الجملة الإندونيسية لأنه يحتوي على قيمة دقة تنبؤات متوسط الخطأ النسبة المئوية المطلقة أصغر. لذلك بالنسبة للتوقعات الشهر المقبل باستخدام طريقة ضبابي السلاسل الزمنية سلسلة ماركوف.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peramalan menurut Makridakis, dkk (1999) merupakan usaha untuk memprediksi sesuatu yang akan terjadi dimasa depan berdasarkan data masa lalu dengan menggunakan suatu metode ilmiah dan kualitatif secara sistematis. Metode peramalan terdiri dari dua macam yaitu metode secara kualitatif dan secara kuantitatif. Metode peramalan secara kualitatif merupakan metode yang mengacu pada pendapat para ahli sebagai pertimbangan pengambilan keputusan, dan datanya tidak dapat direpresentasikan secara tegas menjadi suatu angka. Sedangkan peramalan secara kuantitatif adalah peramalan yang mendasarkan pada data masa lalu dan dapat dibuat dalam bentuk angka yang biasa disebut dengan data *time series*.

Salah satu contoh tentang peramalan dalam islam adalah masalah perekonomian yang telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Yusuf ayat 47-48 yang artinya:

“Yusuf berkata: “Supaya kamu bertanam tujuh tahun (lamanya) sebagaimana biasa; maka apa yang kamu tuai hendaklah kamu biarkan dibulirnya kecuali sedikit untuk kamu makan. 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””(QS. Yusuf/12:47-48).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Nabi Yusuf diperintah oleh Allah SWT untuk merencanakan ekonomi pertanian untuk masa lima belas tahun, hal tersebut dilakukan untuk menghadapi krisis pangan menyeluruh atau musim paceklik. Menghadapi masalah ini Nabi Yusuf memberikan usul diadakannya perencanaan pembangunan pertanian guna untuk ketahanan pangan penduduk mesir dan daerah-daerah sekitarnya (Al-Maraghi, 1988).

Data *time series* menurut Makridakis, dkk (1999) disebut juga data runtun waktu. Data *Time series* sering ditemukan dalam beberapa bidang keilmuan seperti biologi, ekonomi, dan bidang ilmu lainnya. Data *time series* dapat dicatat berdasarkan periode waktu harian, bulanan, tahunan dan periode waktu lainnya dalam rentang waktu yang sama. Pada data *time series*, nilai pengamatan pada periode sebelumnya akan mempengaruhi nilai pengamatan pada periode selanjutnya.

Menurut Makridakis, dkk (1999), peramalan *time series* merupakan metode peramalan yang menggunakan data *time series* (deret waktu) sebagai dasar peramalan. Peramalan *time series* digunakan untuk mengetahui pola dalam deret data historis dan meramalkan pola dimasa yang akan datang. Adapun manfaat peramalan pada data *time series* yaitu dapat memprediksi nilai yang akan datang dan juga dapat menentukan suatu kebijakan tertentu yang dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai peramalan yang dihasilkan.

Salah satu metode yang digunakan untuk meramalkan data *time series* adalah *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Time Series* merupakan sebuah metode yang diusulkan oleh Song dan Chissom untuk menyelesaikan permasalahan dalam peramalan apabila data historisnya berupa nilai-nilai linguistik (Handoko, 2010). Metode peramalan *Fuzzy Time Series* dilakukan dengan menangkap pola data masa lalu dan meramalkan data di masa yang akan datang.

Menurut Tsaur (2012), metode peramalan *Fuzzy Time Series Markov Chain* merupakan salah satu metode *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Time Series Markov Chain* adalah metode hibrida *Fuzzy Time Series* dengan proses stokastik rantai *Markov* (*Markov Chain*). Metode *Markov Chain* ini dikembangkan oleh A.A.

Markov, seorang ahli Rusia pada tahun 1906. *Markov Chain* merupakan sebuah teknik perhitungan yang biasa dimanfaatkan untuk melakukan pemodelan bermacam-macam kondisi. Suatu metode yang digunakan untuk menaksir sifat-sifat suatu variabel dimasa yang akan datang berdasarkan sifat-sifat data dimasa sekarang dan masa lalu disebut dengan analisis *Markov Chain* (Budiharto & Derwin, 2014).

Metode *Fuzzy Time Series Cheng* merupakan salah satu metode *Fuzzy Time Series*. Metode tersebut memiliki cara yang sedikit berbeda dalam penentuan interval, yaitu menggunakan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan memasukkan semua hubungan dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan FLR yang sama. Metode ini juga memodifikasi peramalan dengan menerapkan peramalan adaptif (Cheng, dkk, 2008).

Beras merupakan makanan paling pokok penduduk di Indonesia. Selain itu, beras juga merupakan sumber asupan utama kalori. Bagi Indonesia, beras adalah komoditi yang sangat strategis, baik dari aspek lingkungan, politik, sosial dan ekonomi. Oleh karena itu, stabilisasi pasokan dan harga beras menjadi salah satu unsur penting dalam pembangunan nasional, khususnya dalam hal ketahanan pangan (Bappenas, 2010). Hal tersebut pula yang melandasi turunnya kebijakan harga beras. Salah satu upaya untuk menjaga kestabilan harga beras adalah dengan monitoring harga dan melakukan peramalan harga beras (Suryana, dkk, 2014).

Dalam beberapa tahun ini, banyak penelitian tentang metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Salah satunya adalah penelitian dilakukan oleh Faroh (2016) tentang penerapan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* untuk peramalan inflasi. Penelitian tersebut menyatakan bahwa pola data hasil peramalan

menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* mengikuti pola data aktual. Sedangkan pada metode *Fuzzy Time Series Klasik*, pola yang dihasilkan cenderung berbeda dari data aktual. Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan model *Fuzzy Time Series Klasik*.

Penelitian lainnya adalah dilakukan oleh Rahmawati, dkk (2019) tentang penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* dalam memprediksi jumlah wisatawan di provinsi Sumatera Barat. Penelitian tersebut menyatakan bahwa metode tersebut memiliki kinerja yang baik dengan menghasilkan nilai MAPE sebesar 14,61%. Jumlah wisatawan yang di prediksi akan berkunjung ke provinsi Sumatera Barat sebanyak 49972 wisatawan.

Berdasarkan kedua penelitian di atas, penulis tertarik untuk membandingkan tingkat akurasi metode pendugaan mana yang lebih baik antara *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* pada data harga beras Indonesia, kemudian menghitung nilai peramalan harga beras tersebut menggunakan metode terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* pada peramalan data rata-rata harga beras?
2. Bagaimana perbandingan tingkat akurasi metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* pada peramalan data rata-rata harga beras?

3. Bagaimana hasil peramalan rata-rata harga beras dengan metode peramalan yang lebih baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui hasil penerapan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* pada peramalan data harga beras.
2. Mengetahui perbandingan tingkat akurasi metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* pada peramalan data rata-rata harga beras.
3. Mengetahui hasil peramalan rata-rata harga beras dengan metode peramalan yang lebih baik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan yaitu:

1. Sebagai tambahan wawasan dan memperdalam pengetahuan terutama tentang penerapan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*.
2. Mengetahui keakuratan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*.
3. Dapat digunakan sebagai bahan analisis dalam pertimbangan mengambil sebuah keputusan dan salah satu solusi matematis dalam meramalkan rata-rata harga beras.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini yaitu:

1. Data yang digunakan adalah data rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar (grosir) Indonesia (perusahaan) pada Januari 2015 - Oktober 2019 yang diambil secara *online* dari situs <http://bps.go.id> yang berasal dari Badan Pusat Statistika.
2. Pengujian tingkat keakuratan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.6 Sistematika Penulisan

Supaya pembaca dapat membaca hasil penelitian ini dengan mudah, maka dalam penyajiannya ditulis berdasarkan suatu sistematika yang secara garis besar dibagi menjadi lima bab, yaitu:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Bab ini memaparkan teori-teori yang mendukung dalam skripsi ini yaitu teori tentang peramalan, *time series*, himpunan *fuzzy*, *fuzzy time series*, proses Stokastik, rantai *markov*, metode *fuzzy time series markov chain*, metode *Fuzzy Time Series Cheng*, pengujian keakuratan dan kajian peramalan dalam Al-Qur'an.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan beberapa tahapan yang dilakukan peneliti dalam menjalankan penelitian yang meliputi pendekatan penelitian, jenis dan

sumber data, metode pengumpulan data, teknik analisis data, analisis perbandingan dan *flowchart* penelitian.

Bab IV Pembahasan

Bab ini menganalisis dan membahas bagaimana penerapan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*. Selanjutnya membahas tentang tingkat akurasi metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*, dan membahas bagaimana hasil prediksi menggunakan metode yang lebih baik.

Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Peramalan

Menurut Supranto (1993), peramalan merupakan kegiatan memperkirakan terjadinya suatu kejadian pada masa yang akan datang. Misalnya peramalan permintaan padi, peramalan curah hujan, dan lain-lain. Sedangkan menurut Makridakis, dkk (1999), Peramalan merupakan usaha untuk memprediksi sesuatu yang akan terjadi di masa depan berdasarkan data masa lalu dengan menggunakan suatu metode ilmiah dan kualitatif secara sistematis. Metode peramalan terdiri dari dua macam yaitu metode secara kualitatif dan metode secara kuantitatif. Metode peramalan secara kualitatif merupakan metode yang mengacu pada pendapat para ahli sebagai pertimbangan pengambilan keputusan. Sedangkan peramalan secara kuantitatif adalah peramalan yang menganalisis variabel yang akan diramalkan dengan variabel waktu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peramalan secara kuantitatif lebih efektif daripada peramalan secara kualitatif.

2.2 *Time Series*

Time series disebut juga dengan data runtun waktu. Waktu yang digunakan biasanya berupa hari, bulan, tahun dan sebagainya. Menurut Tauryawati dan Irawan (2014), salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilitas keadaan yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan adalah analisis data berkala.

Suatu analisis data yang dilakukan berdasarkan kesalahan suatu variabel di masa lalu disebut juga dengan analisis *time series*. Adapun tujuan dari analisis

time series adalah untuk meramalkan atau memprediksi pola deret waktu di masa depan dengan mengekstrapolasikan pola yang ditemukan dalam deret waktu histori.

Menurut Purwanto,dkk (2013), *time series* diartikan sebagai data yang terdiri dari satu objek dan meliputi beberapa periode waktu. Contohnya yaitu data inflasi, harga saham, dan lain-lain. Dari data-data tersebut diketahui bahwa data tersebut berhubungan dengan waktu dan terjadi secara berurutan.

Menurut Hasan (2011), Forecasting atau peramalan yang menggunakan *time series* didasarkan pada peramalan masa yang akan datang yang dilakukan berdasarkan nilai data historis. Tujuan dari metode peramalan *time series* adalah menemukan pola deret data masa lalu dengan mengekstrapolasi pola data tersebut ke masa yang akan datang.

2.3 Himpunan Fuzzy

Menurut Susilo (2006), himpunan kabur atau Himpunan *fuzzy* diciptakan oleh Lotfi Asker Zadeh pada tahun 1965. Zadeh memperluas konsep himpunan klasik (*crisp set*) menjadi himpunan kabur (*fuzzy set*). Kemudian Zadeh mendefinisikan himpunan *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan (*membership function*), yang nilainya berada dalam selang tertutup $[0,1]$. Sehingga keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* tidak merupakan sesuatu yang tegas lagi, melainkan sesuatu yang berderajat atau bergradasi secara kontinu.

Secara matematis suatu himpunan *fuzzy* \tilde{A} dalam semesta semesta U dapat dinyatakan sebagai himpunan berpasangan terurut

$$\tilde{A} = \{(u_i, \mu_{\tilde{A}}(u_i)) | u_i \in U, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (2.1)$$

di mana $\mu_{\tilde{A}}$ adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* \tilde{A} , yang merupakan suatu pemetaan dari himpunan semesta U ke selang tertutup $[0,1]$. Apabila semesta U adalah himpunan yang konitu, maka himpunan *fuzzy* \tilde{A} dinyatakan dengan

$$\tilde{A} = \int_{u_i \in U} \mu_{\tilde{A}}(u_i)/u_i \quad (2.2)$$

di mana lambang \int di sini bukan lambang integral seperti yang dikenalkan dalam kalkulus, tetapi melambangkan keseluruhan unsur-unsur $u_i \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya dalam himpunan *fuzzy* \tilde{A} . Jika semesta U adalah himpunan diskret, maka himpunan *fuzzy* \tilde{A} dinyatakan dengan

$$\tilde{A} = \sum_{u_i \in U} \mu_{\tilde{A}}(u_i)/u_i \quad (2.3)$$

di mana lambang \sum di sini tidak melambangkan operasi jumlahan seperti yang dikenal dalam aritmatika, tetapi melambangkan keseluruhan unsur-unsur $u_i \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya dalam himpunan *fuzzy* \tilde{A} (Susilo,2006).

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

a. Linguistik

Linguistik adalah penamaan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: harga rendah, sedang, tinggi.

b. Numeris

Numeris adalah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 20,30,40, dsb.

Menurut Zimmermann (1934), relasi *fuzzy* adalah himpunan bagian *fuzzy* dari $X \times Y$, yaitu pemetaan dari $X \rightarrow Y$.

Definisi 2.3 Misalkan $X, Y \subseteq \mathbb{R}$ himpunan-himpunan semesta, maka

$$\tilde{R} = \{((x, y), \mu_{\tilde{R}}(x, y)) \mid (x, y) \subseteq X \times Y\} \quad (2.4)$$

dikatakan relasi *fuzzy* pada $X \times Y$.

2.4 Fuzzy Time Series

Fuzzy time series pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. Jika U adalah himpunan semesta, dimana $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, dan \tilde{A}_i adalah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}_i}$ maka suatu himpunan *fuzzy* \tilde{A} dari U dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\tilde{A}_i = \mu_{\tilde{A}_i}(u_1)/u_1 + \mu_{\tilde{A}_i}(u_2)/u_2 + \dots + \mu_{\tilde{A}_i}(u_n)/u_n \quad (2.5)$$

Definisi 2.4.1 Misalkan $Y(t) \subseteq \mathbb{R}, t \in \mathbb{Z}$, $Y(t)$ adalah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}_i}(t)$. Himpunan $F(t) = \{\mu_{\tilde{A}_i}(t) \mid i \in \mathbb{N}\}$ disebut *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 2.4.2 Jika ada relasi *fuzzy* $R(t-1, t)$, sedemikian hingga $F(t) = F(t-1) \times R(t-1, t)$, dimana \times adalah operator, maka $F(t)$ dikatakan disebabkan oleh $F(t-1)$.

Definisi 2.4.3 Misalkan $F(t) = \tilde{A}_j$ disebabkan oleh $F(t-1) = \tilde{A}_i$, maka relasi *fuzzy* tersebut disebut *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), dan dinotasikan sebagai $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j$.

Definisi 2.4.4 Relasi-relasi logika fuzzy (*Fuzzy Logical Relationships* (FLR)) yang ruas kirinya sama, dapat dikelompokkan dalam *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Misalkan terdapat beberapa relasi logika fuzzy:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_i &\rightarrow \tilde{A}_{j_1} \\ \tilde{A}_i &\rightarrow \tilde{A}_{j_2} \\ &\vdots \\ \tilde{A}_i &\rightarrow \tilde{A}_{j_n} \end{aligned}$$

Relasi-relasi tersebut dikelompokkan sebagai berikut

$$\left. \begin{aligned} \tilde{A}_i &\rightarrow \tilde{A}_{j_1} \\ \tilde{A}_i &\rightarrow \tilde{A}_{j_2} \\ &\vdots \\ \tilde{A}_i &\rightarrow \tilde{A}_{j_n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_{j_1}, \tilde{A}_{j_2}, \dots, \tilde{A}_{j_n} \quad (2.6)$$

2.5 Proses Stokastik

Menurut Stirzaker (2005), proses stokastik merupakan kumpulan variabel-variabel acak $(X(t), t \in T)$ dimana t merupakan parameter di himpunan indeks T . Secara umum t tersebut disebut dengan parameter waktu, dan $T \subseteq \mathbb{R}$. Masing-masing $X(t)$ mengambil nilai dari beberapa $S \subseteq \mathbb{R}$ yang disebut dengan *state space*. Kemudian $X(t)$ adalah *state* dari proses pada waktu t .

Proses stokastik ada 2 macam yaitu proses stokastik diskrit dan kontinu. Jika parameter T diskrit, misalnya $T = \mathbb{Z}^+$ atau $T = \mathbb{Z}$, maka proses stokastik tersebut dikatakan proses stokastik diskrit $\{X(n), n = 0, 1, 2, \dots\}$. Sedangkan jika T adalah suatu interval bilangan riil, misalnya $T = [0, \infty)$, maka proses stokastik tersebut disebut proses stokastik kontinu $\{X(t), t \geq 0\}$ (Stirzaker, 2005).

2.6 Rantai *Markov* (Markov Chain)

Menurut Ross (2010), *Markov Chain* pertama kali dikembangkan oleh ahli Rusia bernama A.A *Markov* pada tahun 1906.

Definisi 2.6 Misalkan T himpunan terhitung. Sebuah proses stokastik $\{X_n: n \geq 0\}$ pada himpunan T adalah *Markov Chain* jika, untuk setiap $i, j \in T$ dan $n \geq 0$,

$$\begin{aligned} P\{X_{n+1} = j | X_0, \dots, X_n\} &= P\{X_{n+1} = j | X_n\} \\ P\{X_{n+1} = j | X_n = i\} &= p_{ij} \end{aligned} \quad (2.7)$$

p_{ij} adalah probabilitas perpindahan-perpindahan *state* i ke *state* j . Probabilitas transisi ini memenuhi $\sum_{j \in T} P_{ij} = 1, i \in T$. Dan matrik $P = (p_{ij})$ disebut matrik transisi dari (Serzof, 2009).

2.7 Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Menurut Tsaur (2012), model *Fuzzy Time Series Markov Chain* merupakan model hibrida *Fuzzy Time Series* dengan proses stokastik rantai *markov*. Dalam model *Fuzzy Time Series Markov Chain*, matrik peluang transisi digunakan sebagai dasar perhitungan peramalan. Berikut adalah langkah-langkah peramalan pada metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*:

Step 1. Menentukan himpunan semesta U dengan persamaan berikut:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (2.8)$$

dimana D_{min} adalah data minimum, sedangkan D_{max} adalah data maksimum, dengan D_1 dan D_2 adalah bilangan real positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti.

Step 2. Mempartisi himpunan semesta U menjadi n interval yang sama menggunakan rumus *Sturges* berikut:

$$n = 1 + 3,322 \log N \quad (2.9)$$

dengan N adalah banyaknya data historis.

Adapun panjang interval (l) didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{c} \quad (2.10)$$

maka diperoleh interval-interval:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1, D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l, D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - 1)l, D_{min} - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (2.11)$$

Step 3. Menentukan himpunan-himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U .

Untuk menentukan himpunan-himpunan *fuzzy*, pertama harus menentukan derajat keanggotaan u_{ij} berdasarkan aturan sebagai berikut:

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1 & ; i = j \\ 0,5 & ; j = i - 1 \text{ atau } j = i + 1 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.12)$$

Setelah didapatkan derajat keanggotaan u_i , langkah selanjutnya yaitu menentukan himpunan-himpunan *fuzzy* seperti berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0/u_n \\ \tilde{A}_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 \dots + 0/u_n \\ &\vdots \\ \tilde{A}_n &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n \end{aligned} \quad (2.13)$$

Step 4. Melakukan fuzzifikasi terhadap data historis.

Step 5. Menentukan *Fuzzy Logical Relationships* (FLR).

Step 6. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).

Step 7. Menghitung nilai peramalan pertama.

Langkah pertama yaitu menentukan matriks probabilitas transisi \mathbf{R} dari *state*. Matriks probabilitas transisi didefinisikan sebagai berikut:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (2.14)$$

dengan P_{ij} adalah probabilitas transisi dari *state* A_i ke A_j yang didefinisikan sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.15)$$

dengan

M_{ij} : waktu transisi dari *state* A_i ke A_j dengan satu langkah

M_i : jumlah data dari *state* A_i

Definisi 2.7.1 Jika $P_{ij} \geq 0$, maka dikatakan *state* \tilde{A}_j dapat diakses (*accessible*) dari *state* \tilde{A}_i .

Definisi 2.7.2 Jika *state* \tilde{A}_i dan *state* \tilde{A}_j saling dapat diakses (*accessible*), maka *state* \tilde{A}_i dikatakan berkomunikasi (*communicate*) dengan \tilde{A}_j .

Langkah kedua yaitu menghitung nilai peramalan pertama ($F(t)$) dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1. Jika *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari \tilde{A}_i hanya bertransisi ke satu *state* (one to one) (yaitu, $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_k$, dengan $P_{ik} = 1, P_{ij} = 0, j \neq k$) maka peramalan dari $F(t)$ adalah nilai tengah dari u_k , yaitu m_k , sesuai dengan persamaan:

$$F(t) = m_k P_{ik} = m_k \quad (2.16)$$

Aturan 2. Jika *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari \tilde{A}_i bertransisi ke banyak *state* (one to many) (yaitu, $\tilde{A}_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, i = 1, 2, \dots, n$), ketika data $Y(t-1)$ berada di *state* \tilde{A}_i , maka hasil peramalan untuk $F(t)$ adalah sebagai berikut:

$$F(t) = m_1 P_{i1} + m_2 P_{i2} + \dots + m_{i-1} P_{i(i-1)} + Y_{(t-1)} P_{ii} + m_{i+1} P_{i(i+1)} + \dots + m_n P_{in} \quad (2.17)$$

di mana $m_1, m_2, \dots, m_{i-1}, m_{i+1}, \dots, m_n$ merupakan nilai tengah dari $u_1, u_2, \dots, u_{i-1}, u_{i+1}, \dots, u_n$ (Tsaur, 2012).

Step 8. Menyesuaikan nilai kecenderungan peramalan.

Atauran penyesuaian kecenderungan untuk nilai peramalan dijelaskan sebagai berikut:

Aturan 1. Jika $Y(t-1) = \tilde{A}_i, Y(t) = \tilde{A}_j$, *state* \tilde{A}_i membuat transisi naik ke *state* \tilde{A}_j ($i < j$), dan \tilde{A}_i berkomunikasi (*communicate*) dengan \tilde{A}_i , maka nilai penyesuaian D_t didefinisikan sebagai:

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

Aturan 2. Jika $Y(t-1) = \tilde{A}_i, Y(t) = \tilde{A}_j$, *state* \tilde{A}_i membuat transisi turun ke *state* \tilde{A}_j , ($i > j$), dan *state* \tilde{A}_i berkomunikasi dengan \tilde{A}_i , maka nilai penyesuaian D_t didefinisikan sebagai:

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

Aturan 3. Jika $Y(t-1) = \tilde{A}_i$, dan *state* \tilde{A}_i membuat transisi lompatan maju ke *state* \tilde{A}_{i+s} pada waktu t , ($1 \leq s \leq n-i$), maka nilai penyesuaian D_t didefinisikan sebagai:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s, \quad (1 \leq s \leq n - i) \quad (2.20)$$

Aturan 4. Jika $Y(t - 1) = \tilde{A}_i$, dan *state* \tilde{A}_i mengalami transisi lompatan mundur ke *state* \tilde{A}_{i-v} pada waktu t , ($1 \leq v \leq i$), nilai penyesuaian D_t didefinisikan sebagai:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v, \quad (1 \leq v \leq i) \quad (2.21)$$

Step 9. Menentukan nilai peramalan akhir.

- Jika *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari \tilde{A}_i adalah bertransisi ke banyak *state* (*one to many*) dan *state* \tilde{A}_{i+1} dapat diakses (*accessible*) dari *state* \tilde{A}_i , di mana *state* \tilde{A}_i berkomunikasi (*communicate*) dengan *state* \tilde{A}_i , maka nilai peramalan yang disesuaikan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) + D_{t1} + D_{t2} \\ &= F(t) + \frac{l}{2} + \frac{l}{2} \end{aligned} \quad (2.22)$$

- Jika *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari \tilde{A}_i adalah bertransisi ke banyak *state* (*one to many*) dan *state* \tilde{A}_{i+1} dapat diakses (*accessible*) dari *state* \tilde{A}_i , di mana *state* \tilde{A}_i tidak berkomunikasi dengan *state* \tilde{A}_i , maka nilai peramalan yang disesuaikan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) + D_{t2} \\ &= F(t) + \frac{l}{2} \end{aligned} \quad (2.23)$$

- Jika *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dari \tilde{A}_i adalah bertransisi ke banyak *state* (*one to many*) dan *state* \tilde{A}_{i-2} dapat diakses (*accessible*) dari *state* \tilde{A}_i , di mana *state* \tilde{A}_i tidak berkomunikasi dengan

state \tilde{A}_i , maka nilai peramalan yang disesuaikan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) - D_{t2} \\ &= F(t) - \left(\frac{l}{2}\right) 2 \\ &= F(t) - l \end{aligned} \quad (2.24)$$

- Ketika v adalah *jump step*, maka rumus umum dari nilai peramalan yang disesuaikan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai:

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} \\ &= F(t) \pm \frac{l}{2} \pm \left(\frac{l}{2}\right) v \end{aligned} \quad (2.25)$$

2.8 Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

Menurut Tauryawati, dkk (2014), metode *Fuzzy Time Series Cheng* mempunyai cara yang sedikit berbeda dengan *Fuzzy Time Series* lainnya dalam penentuan interval, yaitu melihat dari segi frekuensi data dari tiap interval kemudian memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan pengulangan FLR yang sama. Metode ini juga memodifikasi peramalan dengan menerapkan peramalan adaptif. Adapun tahapan-tahapan dalam peramalan dengan *Fuzzy Time Series Cheng* adalah sebagai berikut:

- Step 1.** Menentukan himpunan semesta (U) seperti pada persamaan (2.8) kemudian mempartisinya menjadi beberapa interval.

Untuk mempartisi himpunan U , langkah pertama yaitu mempartisi himpunan U dengan menggunakan rumus *sturges* pada persamaan (2.9). Kemudian langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai rata-rata dari banyaknya data pada setiap interval. Jika ada banyak data dalam suatu interval lebih besar dari nilai rata-rata, maka interval tersebut

dipartisi menjadi dua interval yang lebih kecil. Sehingga dari langkah-langkah tersebut akan didapatkan k interval sebagai berikut $u_1, u_2, u_3, \dots, u_k$.

Step 2. Mendefinisikan himpunan-himpunan *fuzzy* seperti persamaan (2.13) dan melakukan fuzzifikasi data historis.

Step 3. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR).

Step 4. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG).

Sebagai contoh, jika FLR berbentuk $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j, \tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_k, \tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_m$, maka FLRG yang terbentuk adalah $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j, \tilde{A}_k, \tilde{A}_m$.

Step 5. Menetapkan bobot pada FLRG.

Misalkan terdapat suatu urutan FLR yang sama:

$(t = 1)\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, diberikan bobot 1

$(t = 2)\tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_1$, diberikan bobot 1

$(t = 3)\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, diberikan bobot 2

$(t = 4)\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, diberikan bobot 3

$(t = 5)\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, diberikan bobot 4

dengan t menyatakan waktu.

Step 6. Pembentukan matriks bobot dinormalisasi.

Berdasarkan langkah sebelumnya, maka bobot pada FLR tersebut akan di transfer ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi ($W_n(t)$), yang persamaannya dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_n(t) &= [W'_1, W'_2, \dots, W'_k] \\ &= \left[\frac{W_1}{\sum_{h=1}^i W_h}, \frac{W_2}{\sum_{h=1}^i W_h}, \dots, \frac{W_k}{\sum_{h=1}^i W_h} \right] \end{aligned} \quad (2.26)$$

Step 7. Menghitung nilai peramalan.

Untuk menghitung nilai peramalan, maka matriks pembobotan yang dinormalisasi ($W_n(t)$) dikalikan dengan matriks defuzzifikasi (L_{df}), dengan persamaan berikut:

$$F(t) = L_{df}(t - 1) \cdot W_n(t - 1) \quad (2.27)$$

dimana L_{df} didefinisikan sebagai berikut:

$$L_{df} = [m_1, m_2, \dots, m_k] \quad (2.28)$$

dengan m_1, m_2, \dots, m_k adalah nilai tengah dari u_1, u_2, \dots, u_k .

Step 8. Memodifikasi peramalan dengan peramalan adaptif.

Untuk menghitung nilai peramalan adaptif ($\hat{Y}(t)$) yaitu dengan persamaan berikut:

$$\hat{Y}(t) = Y(t - 1) + \alpha(F(t) - Y(t - 1)) \quad (2.29)$$

$Y(t - 1)$ adalah data pengamatan pada saat $t - 1$ dan α adalah parameter pembobotan yang berkisar $[0,001 - 1]$.

2.9 Pengujian Keakuratan

Menurut Makridakis, dkk (1999), sebuah metode peramalan dengan nilai *error* (kesalahan) terkecil merupakan metode yang akan digunakan atau yang akan dipilih sebagai metode peramalan di masa yang akan datang. Besarnya *error* dapat dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Tsaur (2012) menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan salah satu tehnik untuk

menghitung nilai rata-rata kesalahan (*error*) absolut hasil peramalan dari nilai yang sebenarnya dalam bentuk presentase. Apabila nilai MAPE semakin kecil, maka tingkat keberhasilan metode peramalan dikatakan semakin tinggi. Perhitungan MAPE ditunjukkan pada persamaan berikut (Kartikasari, 2019):

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{Y(t) - F(t)}{Y(t)} \right| \quad (2.30)$$

Keterangan:

$Y(t)$: Nilai yang sebenarnya pada waktu t

$F(t)$: Nilai hasil prediksi pada waktu t

N : banyaknya data

Kriteria keakuratan dengan menggunakan nilai MAPE dapat dilihat pada tabel berikut (Kartikasari, 2019):

Tabel 2.1 Kriteria Keakuratan MAPE

Nilai MAPE	Kriteria Keakuratan
< 10%	Sangat Baik
10% – 20%	Baik
20% – 50%	Cukup
> 50%	Buruk

2.10 Kajian Peramalan dalam Al-Qur'an

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, peramalan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan guna mempersiapkan sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan mendatang. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Al- Hasyr ayat

18 yang artinya:

“Hai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah Swt. dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat); dan bertakwalah kepada Allah Swt. Maha Mengatahui apa yang kamu kerjakan” (QS. Al-Hasyr/59:18).

Dalam firman Allah SWT yang artinya *"dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat)"*, Allah SWT menganjurkan kepada kita semua (umat manusia) untuk memperhatikan apa yang telah dilakukan untuk akhirat yang dapat memberikan manfaat pada hari perhitungan amal dan pembalasan. Kejadian yang akan terjadi tersebut dapat diartikan sebagai bentuk peramalan. Bentuk peramalan atau kejadian hari esok adalah rahasia Allah SWT. Tak ada seorang pun yang tahu bagaimana keadaannya di hari esok. Maka hendaklah setiap manusia memperhitungkan semua perbuatan yang dilakukannya sebelum Allah SWT yang menghitungnya. Dari ayat tersebut, dapat diketahui bahwa kita sebagai manusia harus senantiasa memperhatikan masa yang akan datang, dengan melakukan hal-hal yang berguna untuk masa yang akan datang (Shiddieqy, 2003).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan deskriptif kuantitatif. Studi literatur merupakan pendekatan dengan mengumpulkan bahan pustaka dari jurnal, artikel dan buku yang dibutuhkan sebagai acuan untuk menyelesaikan penelitian. Sedangkan deskriptif kuantitatif yaitu menyusun dengan menganalisis data sesuai dengan kebutuhan penelitian.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang didapatkan peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Data penelitian ini diambil secara *online* dari situs <http://bps.go.id> yang bersumber dari Badan Pusat Statistik. Penelitian ini menggunakan data rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia pada tahun 2015 sampai 2019.

3.3 Teknik Analisis Data

3.3.1 Menganalisis deskriptif data

- a. Deskripsi Data.
- b. Membuat plot *time series* dari data.
- c. Menginterpretasi hasil plot *time series* dari data.

3.3.2 Peramalan Data menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

- a. Menentukan himpunan semesta U .
- b. Mempartisi himpunan semesta U .

- c. Menentukan himpunan-himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U .
- d. Melakukan *fuzzifikasi* data historis.
- e. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
- f. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
- g. Menghitung nilai peralaman awal.
- h. Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan.
- i. Menentukan nilai peramalan akhir.

3.3.3 Peramalan Data Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

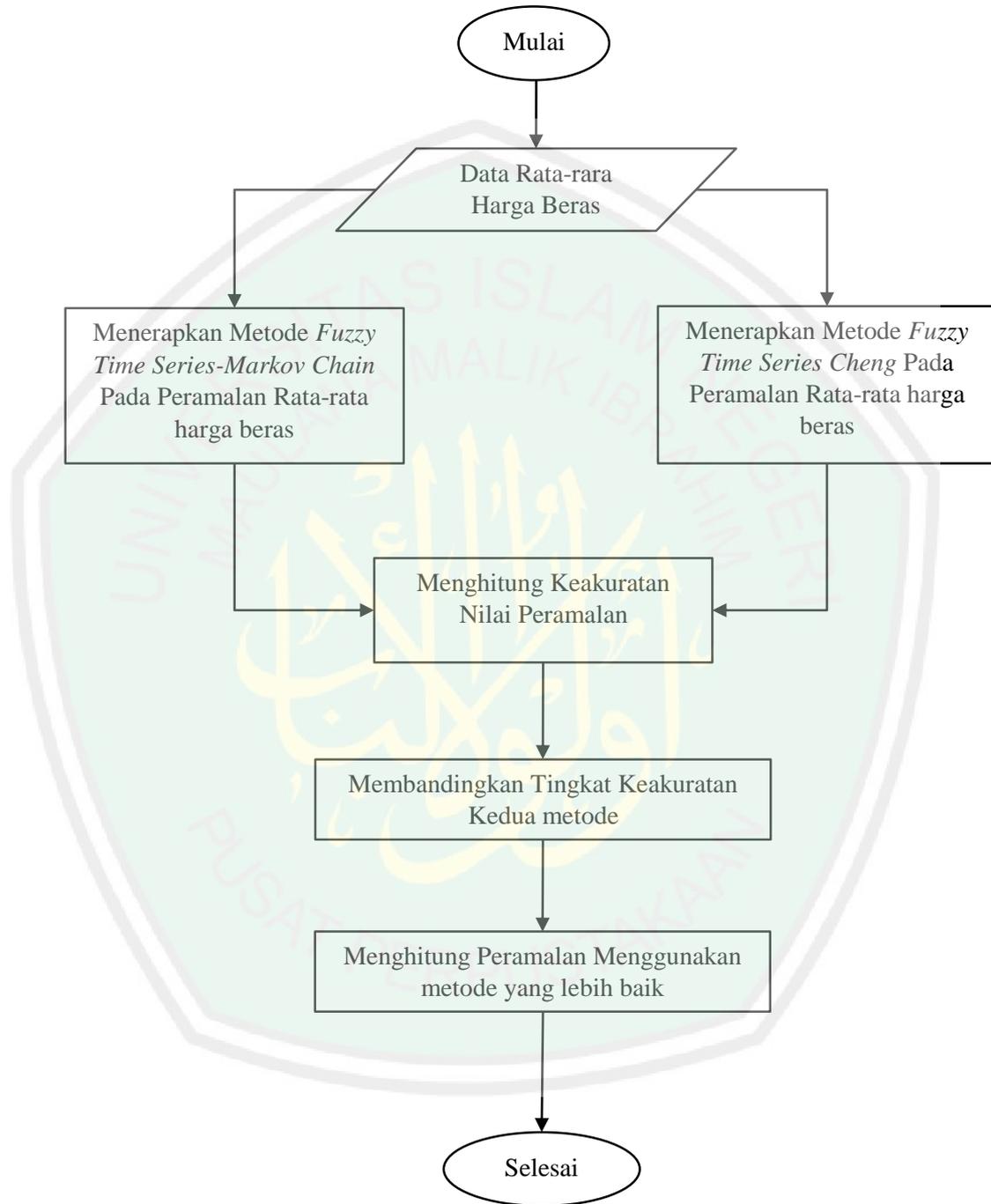
- a. Menentukan Himpunan Semesta (U).
- b. Menentukan himpunan-himpunan *fuzzy* dan melakukan Fuzzifikasi data historis.
- c. Menentukan *Fuzzy Logic Relations* (FLR).
- d. Membentuk *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG).
- e. Menetapkan bobot pada FLRG.
- f. Pembentukan pembobotan dinormalisasi.
- g. Menghitung nilai peramalan awal.
- h. Memodifikasi nilai peramalan dengan peralamalan adaptif.

3.3.4 Analisis Perbandingan

Analisis perbandingan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* akan dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error*, sehingga dapat dipilih antara kedua metode tersebut yang lebih mendekati perhitungan yang lebih akurat dari data rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia.

3.4 Flowchart Penelitian

Berikut diagram alir (*flowchart*) dalam penelitian ini:



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Deskriptif Data

Pada penelitian ini metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* diterapkan pada data rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar dari bulan Januari 2015 sampai Oktober 2019 dalam bentuk Rp/Kg. Data tersebut diambil secara online di situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) yaitu <http://bps.go.id>. Data tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.1 Rata-Rata Harga Beras di Perdagangan Besar Indonesia Januari 2015- Oktober 2019

<i>t</i>	Bulan	Data Aktual	<i>t</i>	Bulan	Data Aktual
1	Jan-15	10612	30	Jun-17	11465
2	Feb-15	10766	31	Jul-17	11448
3	Mar-15	10987	32	Agu-17	11411
4	Apr-15	10648	33	Sep-17	11482
5	Mei-15	10569	34	Okt-17	11552
6	Jun-15	10679	35	Nov-17	11665
7	Jul-15	10732	36	Des-17	11838
8	Agu-15	10935	37	Jan-18	12276
9	Sep-15	11055	38	Feb-18	12414
10	Okt-15	11169	39	Mar-18	12299
11	Nov-15	11365	40	Apr-18	12035
12	Des-15	11465	41	Mei-18	11943
13	Jan-16	11614	42	Jun-18	11907
14	Feb-16	11729	43	Jul-18	11936
15	Mar-16	11678	44	Agu-18	11899
16	Apr-16	11449	45	Sep-18	11900
17	Mei-16	11417	46	Okt-18	11926
18	Jun-16	11469	47	Nov-18	12013
19	Jul-16	11498	48	Des-18	12106
20	Agu-16	11475	49	Jan-19	12211
21	Sep-16	11448	50	Feb-19	12222
22	Okt-16	11433	51	Mar-19	12124
23	Nov-16	11450	52	Apr-19	12019
24	Des-16	11476	53	Mei-19	12008

Tabel 4.1 Rata-Rata Harga Beras di Perdagangan Besar Indonesia Januari 2015- Oktober 2019
(lanjutan)

<i>t</i>	Bulan	Data Aktual	<i>t</i>	Bulan	Data Aktual
25	Jan-17	11579	54	Jun-19	12009
26	Feb-17	11571	55	Jul-19	12021
27	Mar-17	11494	56	Agu-19	12018
28	Apr-17	11449	57	Sep-19	12050
29	Mei-17	11465	58	Okt-19	12108

Dari Tabel 4.1, didapatkan gambar plot *Time Series* seperti berikut:



Gambar 4. 1 *Time Series* Data Rata-rata Harga Beras

Dari gambar di atas terlihat bahwa rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia dari tahun 2016 sampai 2019 mengalami penurunan atau kenaikan harga setiap bulannya. Rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia memiliki harga termurah maupun harga termahal pada setiap tahunnya. Jadi, selama tahun 2015 sampai 2019 harga beras termurah terdapat pada bulan Mei 2015 sebesar Rp10.569,00 dan harga termahal terdapat pada bulan Februari 2018 sebesar Rp12.414,00.

4.2 Penerapan Metode Peramalan pada Data Rata-rata Harga Beras Indonesia

4.2.1 Peramalan Rata-rata Harga Beras Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Peramalan rata-rata harga beras menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* adalah sebagai berikut.

Langkah 1:

Menentukan himpunan semesta U . Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan data terkecil (D_{min}) pada bulan Agustus 2017 yaitu Rp11.411,00 dan data terbesar (D_{max}) pada bulan Februari 2018 yaitu Rp12.414,00. Berdasarkan nilai D_{min} dan D_{max} , maka dapat ditentukan nilai D_1 dan D_2 yang merupakan bilangan positif yang sesuai untuk mempermudah mempartisi himpunan semesta U . Nilai yang digunakan yaitu $D_1 = 1$ dan $D_2 = 2$. Sehingga dari persamaan (2.8) diperoleh himpunan semesta U sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\ &= [10569 - 1; 12414 + 2] \\ &= [10568; 12416] \end{aligned}$$

Langkah 2:

Mempartisi himpunan semesta U menjadi n interval yang sama menggunakan rumus *Sturges* pada persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n &= 1 + 3,322 \log N \\ &= 1 + 3,322 \log 58 \\ &= 1 + 3,322(1,763) \\ &= 1 + 5,859 \\ &= 6,859 \approx 7 \end{aligned}$$

sehingga banyaknya interval yang didapatkan yaitu 7 interval. Berdasarkan persamaan (2.10) maka diperoleh nilai panjang interval (l) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l &= \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \\
 &= \frac{[(12414 + 2) - (11411 - 1)]}{7} \\
 &= \frac{[12416 - 11410]}{7} \\
 &= \frac{1848}{7} \\
 &= 264
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai panjang interval (l) sebesar 264.

Sehingga 7 interval yang sama dalam himpunan semesta U dan nilai tengahnya yaitu:

Tabel 4.2 Interval (u) dan Nilai Tengah (m) pada Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Ke -	Interval (u)	Nilai Tengah (m)
1	[10568, 10832]	10700
2	[10832, 11096]	10964
3	[11096, 11360]	11228
4	[11360, 11624]	11492
5	[11624, 11888]	11756
6	[11888, 12152]	12020
7	[12152, 12416]	12284

Langkah 3:

Menentukan himpunan-himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U .

Berdasarkan banyaknya interval yang didapatkan, maka diperoleh 7 himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk. Berdasarkan aturan dari derajat keanggotaan pada persamaan (2.12) dan (2.13), himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ \tilde{A}_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ \tilde{A}_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ \tilde{A}_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ \tilde{A}_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 \\ \tilde{A}_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 \\ \tilde{A}_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7\end{aligned}$$

Langkah 4:

Melakukan fuzzifikasi terhadap data historis. Sebagai contoh, untuk data bulan Januari 2015 ($t = 1$) sebesar Rp10.612,00 masuk dalam interval $u_1 = [10568; 10832]$. Dari himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk pada langkah 3, u_1 memiliki derajat keanggotaan 1 ketika berada pada himpunan \tilde{A}_1 . Sehingga untuk data bulan Januari 2015, fuzzifikasi yang didapat yaitu \tilde{A}_1 . Berikut adalah hasil fuzzifikasi data rata-rata harga beras yang dinotasikan ke dalam nilai linguistik :

Tabel 4.3 Fuzzifikasi Data pada Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

t	Data Aktual	Nilai Linguistik	t	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	10612	\tilde{A}_1	30	11465	\tilde{A}_4
2	10766	\tilde{A}_1	31	11448	\tilde{A}_4
3	10987	\tilde{A}_2	32	11411	\tilde{A}_4
4	10648	\tilde{A}_1	33	11482	\tilde{A}_4
5	10569	\tilde{A}_1	34	11552	\tilde{A}_4
6	10679	\tilde{A}_1	35	11665	\tilde{A}_5
7	10732	\tilde{A}_1	36	11838	\tilde{A}_5
8	10935	\tilde{A}_2	37	12276	\tilde{A}_7
9	11055	\tilde{A}_2	38	12414	\tilde{A}_7
10	11169	\tilde{A}_3	39	12299	\tilde{A}_7
11	11365	\tilde{A}_4	40	12035	\tilde{A}_6
12	11465	\tilde{A}_4	41	11943	\tilde{A}_6
13	11614	\tilde{A}_4	42	11907	\tilde{A}_6
14	11729	\tilde{A}_5	43	11936	\tilde{A}_6
15	11678	\tilde{A}_5	44	11899	\tilde{A}_6
16	11449	\tilde{A}_4	45	11900	\tilde{A}_6

17	11417	\tilde{A}_4	46	11926	\tilde{A}_6
18	11469	\tilde{A}_4	47	12013	\tilde{A}_6
19	11498	\tilde{A}_4	48	12106	\tilde{A}_6
20	11475	\tilde{A}_4	49	12211	\tilde{A}_7
21	11448	\tilde{A}_4	50	12222	\tilde{A}_7
22	11433	\tilde{A}_4	51	12124	\tilde{A}_6
23	11450	\tilde{A}_4	52	12019	\tilde{A}_6
24	11476	\tilde{A}_4	53	12008	\tilde{A}_6
25	11579	\tilde{A}_4	54	12009	\tilde{A}_6
26	11571	\tilde{A}_4	55	12021	\tilde{A}_6
27	11494	\tilde{A}_4	56	12018	\tilde{A}_6
28	11449	\tilde{A}_4	57	12050	\tilde{A}_6
29	11465	\tilde{A}_4	58	12108	\tilde{A}_6

Langkah 5:

Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Sebagai contoh, untuk data ke-1 yaitu \tilde{A}_1 dan data ke-2 yaitu \tilde{A}_1 . Maka FLR yang terbentuk adalah $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$. Sehingga FLR untuk data rata-rata harga beras disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.4 FLR pada Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR
1 → 2	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	30 → 31	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$
2 → 3	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$	31 → 32	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$
3 → 4	$\tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_1$	32 → 33	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$
4 → 5	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	33 → 34	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$
5 → 6	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	34 → 35	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_5$
6 → 7	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	35 → 36	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_5$
7 → 8	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$	36 → 37	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_7$
8 → 9	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$	37 → 38	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_7$
9 → 10	$\tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_3$	38 → 39	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_7$
10 → 11	$\tilde{A}_3 \rightarrow \tilde{A}_4$	39 → 40	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_6$
11 → 12	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	40 → 41	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
12 → 13	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	41 → 42	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
13 → 14	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_5$	42 → 43	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
14 → 15	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_5$	43 → 44	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
15 → 16	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_4$	44 → 45	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
16 → 17	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	45 → 46	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
17 → 18	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	46 → 47	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
18 → 19	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	47 → 48	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$

19 → 20	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	48 → 49	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_7$
20 → 21	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	49 → 50	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_7$
21 → 22	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	50 → 51	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_6$
22 → 23	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	51 → 52	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
23 → 24	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	52 → 53	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
24 → 25	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	53 → 54	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
25 → 26	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	54 → 55	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
26 → 27	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	55 → 56	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
27 → 28	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	56 → 57	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
28 → 29	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$	57 → 58	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$
29 → 30	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_4$		

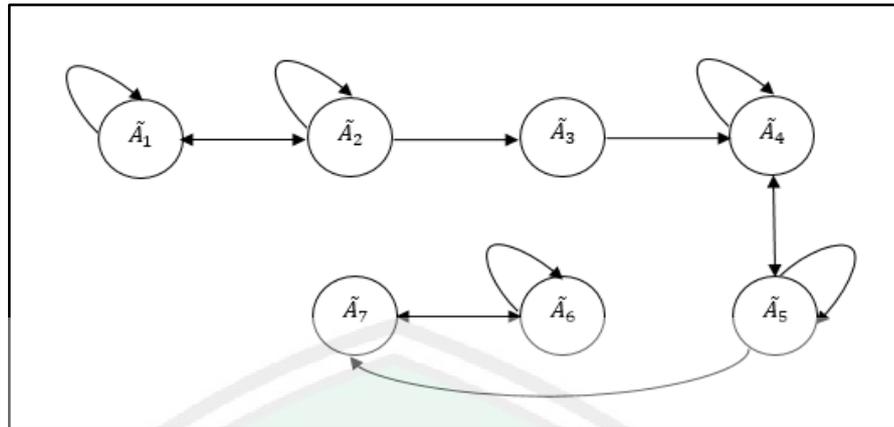
Langkah 6:

Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Dari hasil langkah sebelumnya, maka dapat dibentuk FLRG. Berikut adalah FLRG dari data rata-rata harga beras:

Tabel 4.5 FLRG pada Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Current State	Next State
\tilde{A}_1	$\rightarrow 4(\tilde{A}_1), 2(\tilde{A}_2)$
\tilde{A}_2	$\rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$
\tilde{A}_3	$\rightarrow \tilde{A}_4$
\tilde{A}_4	$\rightarrow 20(\tilde{A}_4), 2(\tilde{A}_5)$
\tilde{A}_5	$\rightarrow \tilde{A}_4, 2(\tilde{A}_5), \tilde{A}_7$
\tilde{A}_6	$\rightarrow 15(\tilde{A}_6), \tilde{A}_7$
\tilde{A}_7	$\rightarrow 2(\tilde{A}_6), 3(\tilde{A}_7)$

Berdasarkan Tabel 4.5, FLR yang sudah dikelompokkan selanjutnya digunakan untuk membentuk proses transisi peramalan. Berikut adalah proses transisi peramalannya:



Gambar 4. 2 Proses Transisi Peramalan Berdasarkan FLRG

Berdasarkan gambar 4.2 pada proses transisi menunjukkan hubungan antara *state-state* dimana tanda panah satu arah menunjukkan bahwa *state* bertransisi dari satu *state* ke *state* berikutnya tetapi tidak berlaku sebaliknya, adapun *state-state* tersebut adalah \tilde{A}_2 dan \tilde{A}_3 , \tilde{A}_3 dan \tilde{A}_4 serta \tilde{A}_5 dan \tilde{A}_7 . Sedangkan tanda dua arah panah menunjukkan bahwa *state* bertransisi dari satu *state* ke *state* berikutnya dan berlaku sebaliknya antar *state* tersebut, adapun *state-state* tersebut adalah \tilde{A}_1 dan \tilde{A}_2 , \tilde{A}_4 dan \tilde{A}_5 , serta \tilde{A}_6 dan \tilde{A}_7 . Tanda panah yang menunjukkan ke arah dirinya sendiri berarti bahwa *state* tersebut bertransisi terhadap dirinya sendiri, adapun *state-state* tersebut adalah \tilde{A}_1 , \tilde{A}_2 , \tilde{A}_4 , \tilde{A}_5 dan \tilde{A}_6 .

Langkah 7:

Menghitung nilai peramalan pertama. Penentuan nilai peramalan pertama pada *Fuzzy Time Series Markov Chain* menggunakan data historis sebelumnya, maka digunakan FLRG pada tabel 4.5 untuk membentuk matriks probabilitas transisi *Markov*. Pada penelitian ini terbentuk matriks probabilitas transisi markov berordo 7×7 berdasarkan persamaan (2.14) yang setiap elemennya merupakan nilai probabilitas yang diperoleh dari persamaan (2.15). Berikut adalah nilai probabilitas untuk setiap perpindahan *state* :

Tabel 4.6 Matriks Probabilitas Perpindahan State dari \tilde{A}_i ke \tilde{A}_j

P_{ij}		j						
		1	2	3	4	5	6	7
i	1	$\frac{4}{6}$	$\frac{2}{6}$	0	0	0	0	0
	2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	$\frac{1}{2}$	0
	4	0	0	0	$\frac{20}{22}$	$\frac{2}{22}$	0	0
	5	0	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	0
	6	0	0	0	0	0	$\frac{15}{16}$	$\frac{1}{16}$
	7	0	0	0	0	0	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$

Sehingga matriks probabilitas transisi *state* berorde 7×7 dengan elemennya adalah $P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}$ dapat disajikan sebagai berikut:

$$R = \begin{bmatrix} \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{20}{22} & \frac{2}{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{15}{16} & \frac{1}{16} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2}{5} & \frac{3}{5} \end{bmatrix}$$

Berdasarkan nilai probabilitas yang sudah didapatkan pada Tabel 4.6, maka dapat dihitung nilai peramalan awal. Perhitungan nilai peramalan awal berdasarkan aturan yang terdapat pada persamaan (2.16) dan (2.17). Sebagai contoh untuk bulan Februari 2015 ($t = 2$) data yang dilihat adalah data bulan sebelumnya yaitu Januari 2015 ($t = 1$) dimana *state* \tilde{A}_1 bertransisi ke *state* \tilde{A}_1 , dan karena

FLRG yang diperoleh adalah $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_2$. Maka nilai peramalan bulan Februari ($t = 2$) sebagaimana persamaan (2.17) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(2) &= Y_1 P_{11} + m_2 P_{12} \\ &= (10612) \left(\frac{4}{6}\right) + (10964) \left(\frac{2}{6}\right) \\ &= 7074,67 + 3654,67 \\ &= 10729,33 \end{aligned}$$

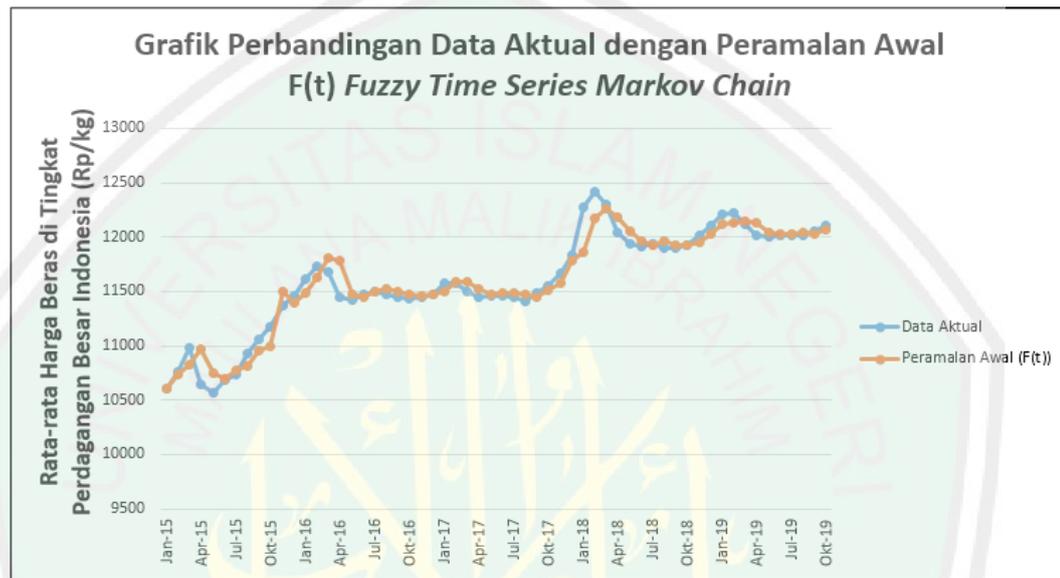
Dengan menggunakan cara yang sama, maka hasil peramalan awal untuk data rata-rata harga beras adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Perkiraan Awal pada Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $F(t)$	t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $F(t)$
1	Jan-15	10612	0	30	Jun-17	11465	11491
2	Feb-15	10766	10729	31	Jul-17	11448	11491
3	Mar-15	10987	10832	32	Agu-17	11411	11476
4	Apr-15	10648	10972	33	Sep-17	11482	11442
5	Mei-15	10569	10753	34	Okt-17	11552	11507
6	Jun-15	10679	10701	35	Nov-17	11665	11571
7	Jul-15	10732	10774	36	Des-17	11838	11777
8	Agu-15	10935	10809	37	Jan-18	12276	11863
9	Sep-15	11055	10954	38	Feb-18	12414	12174
10	Okt-15	11169	10994	39	Mar-18	12299	12256
11	Nov-15	11365	11492	40	Apr-18	12035	12187
12	Des-15	11465	11401	41	Mei-18	11943	12051
13	Jan-16	11614	11491	42	Jun-18	11907	11964
14	Feb-16	11729	11627	43	Jul-18	11936	11931
15	Mar-16	11678	11809	44	Agu-18	11899	11958
16	Apr-16	11449	11783	45	Sep-18	11900	11923
17	Mei-16	11417	11477	46	Okt-18	11926	11924
18	Jun-16	11469	11448	47	Nov-18	12013	11948
19	Jul-16	11498	11495	48	Des-18	12106	12030
20	Agu-16	11475	11521	49	Jan-19	12211	12117
21	Sep-16	11448	11501	50	Feb-19	12222	12135
22	Okt-16	11433	11476	51	Mar-19	12124	12141
23	Nov-16	11450	11462	52	Apr-19	12019	12134
24	Des-16	11476	11478	53	Mei-19	12008	12036
25	Jan-17	11579	11501	54	Jun-19	12009	12025
26	Feb-17	11571	11595	55	Jul-19	12021	12026

27	Mar-17	11494	11588	56	Agu-19	12018	12037
28	Apr-17	11449	11518	57	Sep-19	12050	12035
29	Mei-17	11465	11477	58	Okt-19	12108	12065

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan pertama $F(t)$ menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan Awal $F(t)$ *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Langkah 8:

Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan. Langkah ini bertujuan untuk mengurangi besarnya penyimpangan hasil peramalan. Penyesuaian kecenderungan nilai peramalan dilakukan pada setiap hubungan antar *current state* dan *next state* dari FLR. Sebagai contoh perhitungan, untuk bulan Maret 2015, pada Tabel 4.4 didapatkan *current state* \tilde{A}_1 dan *next state* \tilde{A}_2 . Karena *state* \tilde{A}_1 bertransisi terhadap *state* \tilde{A}_2 dan *state* \tilde{A}_1 communicate dengan *state* \tilde{A}_1 . Maka nilai penyesuaian yang didapatkan adalah $D_{t2} = \left(\frac{264}{2}\right) 1 = 132$. Berikut adalah hasil perhitungan nilai penyesuaian dari seluruh data.

(2.23), (2.24), dan (2.25). Sebagai contoh perhitungan hasil peramalan akhir pada bulan Februari 2015 ($t = 2$), dimana *state* \tilde{A}_1 bertransisi ke *state* \tilde{A}_1 . Karena tidak mengalami perpindahan *state*, maka nilai hasil peramalannya adalah sebagai berikut:

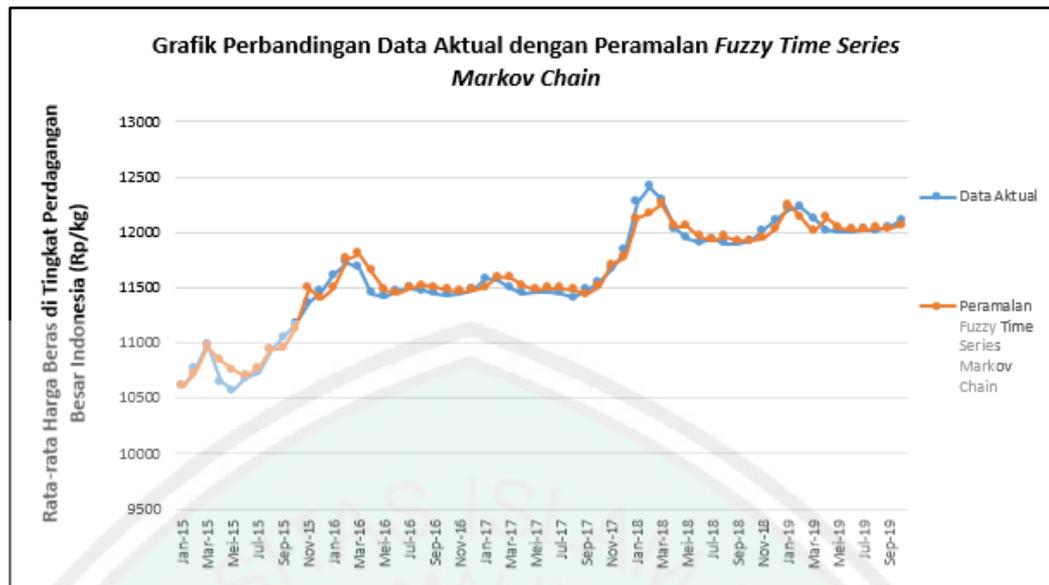
$$\begin{aligned}\hat{Y}(2) &= F_2 + D_{t_1} + D_{t_2} \\ &= 10729,33 + 0 + 0 \\ &= 10729,33\end{aligned}$$

dengan menggunakan cara yang sama, maka hasil peramalan akhir untuk seluruh data adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Peramalan Setelah Disesuaikan

t	Bulan	$Y(t)$	$F(t)$	$D(t)$	$\hat{Y}(t)$
1	Jan-15	10612	0	0	0
2	Feb-15	10766	10729	0	10729
3	Mar-15	10987	10832	132	10964
4	Apr-15	10648	10972	-132	10840
5	Mei-15	10569	10753	0	10753
6	Jun-15	10679	10701	0	10701
7	Jul-15	10732	10774	0	10774
8	Agu-15	10935	10809	132	10941
9	Sep-15	11055	10954	0	10954
10	Okt-15	11169	10994	132	11126
11	Nov-15	11365	11492	0	11492
12	Des-15	11465	11401	0	11401
13	Jan-16	11614	11491	0	11491
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
52	Apr-19	12019	12134	0	12134
53	Mei-19	12008	12036	0	12036
54	Jun-19	12009	12025	0	12025
55	Jul-19	12021	12026	0	12026
56	Agu-19	12018	12037	0	12037
57	Sep-19	12050	12035	0	12035
58	Okt-19	12108	12065	0	12065

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan *Fuzzy Time Series Markov Chain*

4.2.2 Peramalan Rata-rata Harga Beras Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

Langkah-langkah pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* hampir sama seperti langkah-langkah pada metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*, Adapun peramalan rata-rata harga beras menggunakan *Fuzzy Time Series Cheng* adalah sebagai berikut.

Langkah 1:

Menentukan himpunan semesta (U). Menentukan himpunan semesta U pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* sama seperti metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* yaitu :

$$\begin{aligned}
 U &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\
 &= [10569 - 1; 12414 + 2] \\
 &= [10568; 12416]
 \end{aligned}$$

Kemudian mempartisi himpunan U , langkah pertama untuk mempartisi himpunan U yaitu dengan menggunakan rumus *sturges* pada persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n &= 1 + 3,322 \log N \\
 &= 1 + 3,322 \log 58 \\
 &= 1 + 3,322(1,763) \\
 &= 1 + 5,859 \\
 &= 6,859 \approx 7
 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan banyak interval (n) yaitu 7 interval. Berdasarkan persamaan (2.10) diperoleh nilai panjang interval (l) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l &= \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \\
 &= \frac{[(12414 + 2) - (11411 - 1)]}{7} \\
 &= \frac{[12416 - 11410]}{7} \\
 &= \frac{1848}{7} \\
 &= 264
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan panjang interval (l) sebesar 264. Sehingga 7 interval yang sama dalam himpunan semesta U dengan nilai tengah dan frekuensi datanya yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.10 Interval Data pada Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

Ke-	Interval (u)	Nilai Tengah (m)	Frekuensi
1	[10568, 10832]	10700	6
2	[10832, 11096]	10964	3
3	[11096, 11360]	11228	1
4	[11360, 11624]	11492	22
5	[11624, 11888]	11756	4
6	[11888, 12152]	12020	17
7	[12152, 12416]	12284	5

Kemudian langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai rata-rata dari banyaknya data pada setiap interval. Jika ada banyak data dalam suatu interval lebih besar dari nilai rata-rata, maka interval tersebut dipartisi menjadi dua interval yang lebih kecil. Adapun nilai rata-rata dari banyaknya data pada setiap interval tersebut

adalah 8,25, maka setiap frekuensi dalam setiap interval harus lebih kecil dari rata-rata tersebut. Sehingga didapatkan interval-interval berikut:

Tabel 4.11 Interval Data Harga Beras setelah Pembagian

Ke-	Interval (u)	Nilai Tengah (m)	Frekuensi
1	[10568, 10832]	10700	6
2	[10832, 11096]	10964	3
3	[11096, 11360]	11228	1
4	[11360, 11426]	11393	3
5	[11426, 11459]	1144,5	6
6	[11459, 11492]	11475,5	7
7	[11492, 11624]	11558	6
8	[11624, 11888]	11756	4
9	[11888, 11954]	11921	6
10	[11954, 12020]	11987	6
11	[12020, 12152]	12086	6
12	[12152, 12416]	12284	5

Langkah 2:

Menentukan himpunan-himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U seperti persamaan (2.13) dan melakukan fuzzifikasi data historis. Berdasarkan banyak interval yang didapatkan, maka terdapat 12 himpunan *fuzzy*. Sehingga berdasarkan aturan dari derajat keanggotaan pada persamaan (2.12), himpunan-himpunan *fuzzy* yang didapatkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + \dots + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_5 &= 0/u_1 + \dots + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + \dots + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_6 &= 0/u_1 + \dots + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + \dots + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_7 &= 0/u_1 + \dots + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 + \dots + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_8 &= 0/u_1 + \dots + 0,5/u_7 + 1/u_8 + 0,5/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_9 &= 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_8 + 1/u_9 + 0,5/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_{10} &= 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_8 + 0,5/u_9 + 1/u_{10} + 0,5/u_{11} + 0/u_{12} \\ \tilde{A}_{11} &= 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_8 + 0/u_9 + 0,5/u_{10} + 1/u_{11} + 0,5/u_{12} \\ \tilde{A}_{12} &= 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0,5/u_{11} + 1/u_{12} \end{aligned}$$

Selanjutnya yaitu melakukan Fuzzifikasi data historis seperti langkah 4 pada metode *fuzzy time series markov chain*. Berdasarkan hasil sebelumnya, maka hasil fuzzifikasi data rata-rata harga beras yang dinotasikan ke dalam nilai linguistik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Fuzzifikasi Data Historis Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

t	Data Aktual	Nilai Linguistik	t	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	10612	\tilde{A}_1	30	11465	\tilde{A}_6
2	10766	\tilde{A}_1	31	11448	\tilde{A}_5
3	10987	\tilde{A}_2	32	11411	\tilde{A}_4
4	10648	\tilde{A}_1	33	11482	\tilde{A}_6
5	10569	\tilde{A}_1	34	11552	\tilde{A}_7
6	10679	\tilde{A}_1	35	11665	\tilde{A}_8
7	10732	\tilde{A}_1	36	11838	\tilde{A}_8
8	10935	\tilde{A}_2	37	12276	\tilde{A}_{12}
9	11055	\tilde{A}_2	38	12414	\tilde{A}_{12}
10	11169	\tilde{A}_3	39	12299	\tilde{A}_{12}
11	11365	\tilde{A}_4	40	12035	\tilde{A}_{11}
12	11465	\tilde{A}_6	41	11943	\tilde{A}_9
13	11614	\tilde{A}_7	42	11907	\tilde{A}_9
14	11729	\tilde{A}_8	43	11936	\tilde{A}_9
15	11678	\tilde{A}_8	44	11899	\tilde{A}_9
16	11449	\tilde{A}_5	45	11900	\tilde{A}_9
17	11417	\tilde{A}_4	46	11926	\tilde{A}_9
18	11469	\tilde{A}_6	47	12013	\tilde{A}_{10}

19	11498	\tilde{A}_7	48	12106	\tilde{A}_{11}
20	11475	\tilde{A}_6	49	12211	\tilde{A}_{12}
21	11448	\tilde{A}_5	50	12222	\tilde{A}_{12}
22	11433	\tilde{A}_5	51	12124	\tilde{A}_{11}
23	11450	\tilde{A}_5	52	12019	\tilde{A}_{10}
24	11476	\tilde{A}_6	53	12008	\tilde{A}_{10}
25	11579	\tilde{A}_7	54	12009	\tilde{A}_{10}
26	11571	\tilde{A}_7	55	12021	\tilde{A}_{11}
27	11494	\tilde{A}_7	56	12018	\tilde{A}_{10}
28	11449	\tilde{A}_5	57	12050	\tilde{A}_{11}
29	11465	\tilde{A}_6	58	12108	\tilde{A}_{11}

Langkah 3:

Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Dari hasil langkah sebelumnya, maka dapat ditentukan FLR. Sebagai contoh, untuk data ke-1 yaitu \tilde{A}_1 dan data ke-2 yaitu \tilde{A}_1 . Maka FLR yang terbentuk adalah $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$. Sehingga FLR untuk seluruh data adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 FLR pada Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR
1 → 2	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	30 → 31	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_5$
2 → 3	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$	31 → 32	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_4$
3 → 4	$\tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_1$	32 → 33	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_6$
4 → 5	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	33 → 34	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_7$
5 → 6	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	34 → 35	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_8$
6 → 7	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$	35 → 36	$\tilde{A}_8 \rightarrow \tilde{A}_8$
7 → 8	$\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$	36 → 37	$\tilde{A}_8 \rightarrow \tilde{A}_{12}$
8 → 9	$\tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_2$	37 → 38	$\tilde{A}_{12} \rightarrow \tilde{A}_{12}$
9 → 10	$\tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_3$	38 → 39	$\tilde{A}_{12} \rightarrow \tilde{A}_{12}$
10 → 11	$\tilde{A}_3 \rightarrow \tilde{A}_4$	39 → 40	$\tilde{A}_{12} \rightarrow \tilde{A}_{11}$
11 → 12	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_6$	40 → 41	$\tilde{A}_{11} \rightarrow \tilde{A}_9$
12 → 13	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_7$	41 → 42	$\tilde{A}_9 \rightarrow \tilde{A}_9$
13 → 14	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_8$	42 → 43	$\tilde{A}_9 \rightarrow \tilde{A}_9$
14 → 15	$\tilde{A}_8 \rightarrow \tilde{A}_8$	43 → 44	$\tilde{A}_9 \rightarrow \tilde{A}_9$
15 → 16	$\tilde{A}_8 \rightarrow \tilde{A}_5$	44 → 45	$\tilde{A}_9 \rightarrow \tilde{A}_9$
16 → 17	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_4$	45 → 46	$\tilde{A}_9 \rightarrow \tilde{A}_6$

17 → 18	$\tilde{A}_4 \rightarrow \tilde{A}_6$	46 → 47	$\tilde{A}_9 \rightarrow \tilde{A}_{10}$
18 → 19	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_7$	47 → 48	$\tilde{A}_{10} \rightarrow \tilde{A}_{11}$
19 → 20	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_6$	48 → 49	$\tilde{A}_{11} \rightarrow \tilde{A}_{12}$
20 → 21	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_5$	49 → 50	$\tilde{A}_{12} \rightarrow \tilde{A}_{12}$
21 → 22	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_5$	50 → 51	$\tilde{A}_{12} \rightarrow \tilde{A}_{11}$
22 → 23	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_5$	51 → 52	$\tilde{A}_{11} \rightarrow \tilde{A}_{10}$
23 → 24	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_6$	52 → 53	$\tilde{A}_{10} \rightarrow \tilde{A}_{10}$
24 → 25	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_7$	53 → 54	$\tilde{A}_{10} \rightarrow \tilde{A}_{10}$
25 → 26	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_7$	54 → 55	$\tilde{A}_{10} \rightarrow \tilde{A}_{11}$
26 → 27	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_7$	55 → 56	$\tilde{A}_{11} \rightarrow \tilde{A}_{10}$
27 → 28	$\tilde{A}_7 \rightarrow \tilde{A}_5$	56 → 57	$\tilde{A}_{10} \rightarrow \tilde{A}_{11}$
28 → 29	$\tilde{A}_5 \rightarrow \tilde{A}_6$	57 → 58	$\tilde{A}_{11} \rightarrow \tilde{A}_{11}$
29 → 30	$\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6$		

Langkah 4:

Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Berdasarkan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang didapatkan pada langkah 3, maka dapat dibentuk FLRG. Berikut adalah FLRG yang terbentuk.

Tabel 4.14 FLRG pada Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

Current State	Next State
\tilde{A}_1	$\rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_2$
\tilde{A}_2	$\rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$
\tilde{A}_3	$\rightarrow \tilde{A}_4$
\tilde{A}_4	$\rightarrow \tilde{A}_6$
\tilde{A}_5	$\rightarrow \tilde{A}_4, \tilde{A}_5, \tilde{A}_6$
\tilde{A}_6	$\rightarrow \tilde{A}_5, \tilde{A}_6, \tilde{A}_7$
\tilde{A}_7	$\rightarrow \tilde{A}_5, \tilde{A}_6, \tilde{A}_7, \tilde{A}_8$
\tilde{A}_8	$\rightarrow \tilde{A}_5, \tilde{A}_8, \tilde{A}_{12}$
\tilde{A}_9	$\rightarrow \tilde{A}_9, \tilde{A}_{10}$
\tilde{A}_{10}	$\rightarrow \tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{11}$
\tilde{A}_{11}	$\rightarrow \tilde{A}_9, \tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}$
\tilde{A}_{12}	$\rightarrow \tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}$

Langkah 5:

Menetapkan bobot pada FLRG. Berdasarkan FLRG yang terbentuk pada langkah sebelumnya, maka pada langkah ini akan memberikan bobot pada setiap FLRG. Misalkan FLRG pertama yaitu berisikan $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$, $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$, $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$. Dari FLR tersebut dapat diketahui bahwa nilai dari $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$ ada sebanyak 4 sehingga diberikan bobot 4, dan $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$ sebanyak 2 sehingga diberikan bobot 2. Dari pembobotan tersebut, maka didapatkan matriks pembobotan ($W(t)$) yang dapat ditulis:

$$\begin{aligned} W(1) &= [w_1, w_2] \\ &= [4, 2] \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka untuk pembobotan FLRG lainnya dapat dilihat pada lampiran 4. Setelah diketahui nilai pembobotannya, kemudian ditransfer ke dalam bentuk matriks sebagai berikut:

Tabel 4.15 Bobot pada FLRG

X ($t - 1$)	$X(t)$											
	\tilde{A}_1	\tilde{A}_2	\tilde{A}_3	\tilde{A}_4	\tilde{A}_5	\tilde{A}_6	\tilde{A}_7	\tilde{A}_8	\tilde{A}_9	\tilde{A}_{10}	\tilde{A}_{11}	\tilde{A}_{12}
\tilde{A}_1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_5	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_6	0	0	0	0	2	1	4	0	0	0	0	0
\tilde{A}_7	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0
\tilde{A}_8	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1
\tilde{A}_9	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0
\tilde{A}_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
\tilde{A}_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1
\tilde{A}_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3

Langkah 6:

Pembentukan pembobotan dinormalisasi. Berdasarkan matriks pembobot pada langkah 6, maka akan dibentuk matriks pembobot ternormalisasi berdasarkan persamaan (2.26). Sebagai contoh, $W(1) = [4,2]$ maka matriks pembobot ternormalisasinya adalah:

$$\begin{aligned} W_n(1) &= [W'1, W'2] \\ &= \left[\frac{w_1}{\sum_{h=1}^2 W_h}, \frac{w_2}{\sum_{h=1}^2 W_h} \right] \\ &= \left[\frac{4}{6}, \frac{2}{6} \right] \end{aligned}$$

berikut adalah hasil matriks pembobot ternormalisasi untuk seluruh FLRG.

Tabel 4.16 Bobot Ternormalisasi

X (t - 1)	X(t)											
	\tilde{A}_1	\tilde{A}_2	\tilde{A}_3	\tilde{A}_4	\tilde{A}_5	\tilde{A}_6	\tilde{A}_7	\tilde{A}_8	\tilde{A}_9	\tilde{A}_{10}	\tilde{A}_{11}	\tilde{A}_{12}
\tilde{A}_1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_5	0	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0	0	0
\tilde{A}_6	0	0	0	0	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{4}{7}$	0	0	0	0	0
\tilde{A}_7	0	0	0	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
\tilde{A}_8	0	0	0	0	$\frac{1}{4}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{4}$
\tilde{A}_9	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{6}$	0	0
\tilde{A}_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	0
\tilde{A}_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
\tilde{A}_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$

Langkah 7:

Menghitung nilai taksiran awal. Untuk menghitung nilai taksiran awal, maka matrik bobot ($W(t)$) yang dinormalisasi menjadi $W_n(t)$ pada langkah sebelumnya dikalikan dengan matrik defuzzifikasi (L_{df}) seperti pada persamaan (2.26). Sebagai contoh untuk bulan Februari 2015 ($t = 2$) data yang dilihat adalah data bulan sebelumnya yaitu Januari 2015 ($t = 1$) dimana state \tilde{A}_1 bertransisi ke \tilde{A}_1 , dan karena FLRG yang terbentuk adalah $\tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_2$. Maka nilai taksiran awal sebagaimana persamaan (2.27) adalah:

$$\begin{aligned}
 F(t) &= L_{df(t-1)} \times W_n(t-1) \\
 F(2) &= L_{df(1)} \times W_n(1) \\
 &= [m_1 \quad m_2] \times \begin{bmatrix} W'1 \\ W'2 \end{bmatrix} \\
 &= [10700 \quad 10964] \times \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} \\
 &= [7133,33 + 3654,67] \\
 &= 10788
 \end{aligned}$$

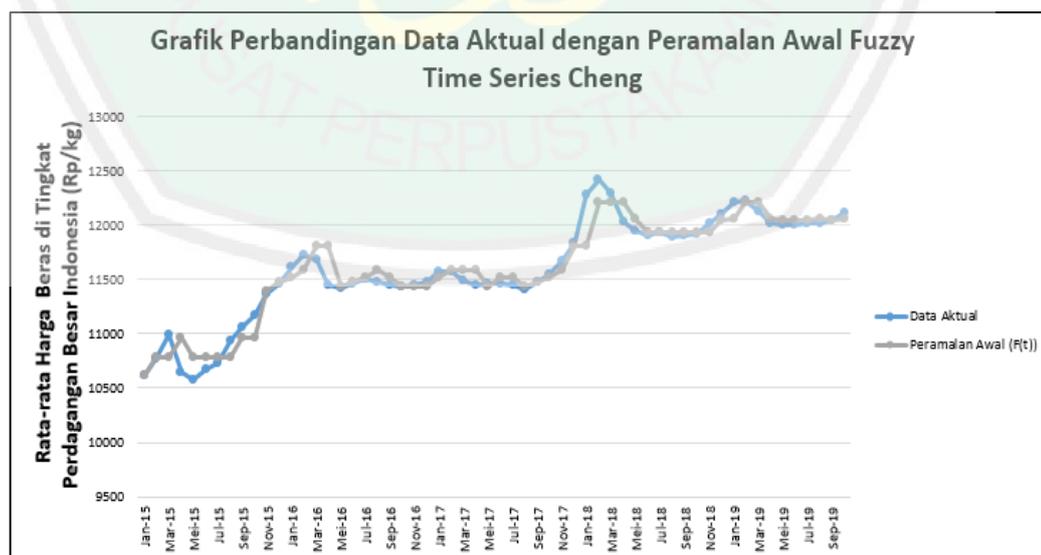
Dengan menggunakan cara yang sama, maka hasil taksiran awal seluruhnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Hasil Perkiraan Awal pada Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $F(t)$	t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $F(t)$
1	Jan-15	10612	0	30	Jun-17	11465	11513
2	Feb-15	10766	10788	31	Jul-17	11448	11513
3	Mar-15	10987	10788	32	Agu-17	11411	11437
4	Apr-15	10648	10964	33	Sep-17	11482	11476
5	Mei-15	10569	10788	34	Okt-17	11552	11513
6	Jun-15	10679	10788	35	Nov-17	11665	11591
7	Jul-15	10732	10788	36	Des-17	11838	11810
8	Agu-15	10935	10788	37	Jan-18	12276	11810
9	Sep-15	11055	10964	38	Feb-18	12414	12205

10	Okt-15	11169	10964	39	Mar-18	12299	12205
11	Nov-15	11365	11393	40	Apr-18	12035	12205
12	Des-15	11465	11476	41	Mei-18	11943	12053
13	Jan-16	11614	11513	42	Jun-18	11907	11932
14	Feb-16	11729	11591	43	Jul-18	11936	11932
15	Mar-16	11678	11810	44	Agu-18	11899	11932
16	Apr-16	11449	11810	45	Sep-18	11900	11932
17	Mei-16	11417	11437	46	Okt-18	11926	11932
18	Jun-16	11469	11476	47	Nov-18	12013	11932
19	Jul-16	11498	11513	48	Des-18	12106	12046
20	Agu-16	11475	11591	49	Jan-19	12211	12053
21	Sep-16	11448	11513	50	Feb-19	12222	12205
22	Okt-16	11433	11437	51	Mar-19	12124	12205
23	Nov-16	11450	11437	52	Apr-19	12019	12053
24	Des-16	11476	11437	53	Mei-19	12008	12046
25	Jan-17	11579	11513	54	Jun-19	12009	12046
26	Feb-17	11571	11591	55	Jul-19	12021	12046
27	Mar-17	11494	11591	56	Agu-19	12018	12053
28	Apr-17	11449	11591	57	Sep-19	12050	12046
29	Mei-17	11465	11437	58	Okt-19	12108	12053

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan awal ($F(t)$) menggunakan *Fuzzy Time Series Cheng* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan Awal *Fuzzy Time Series Cheng*

Langkah 8:

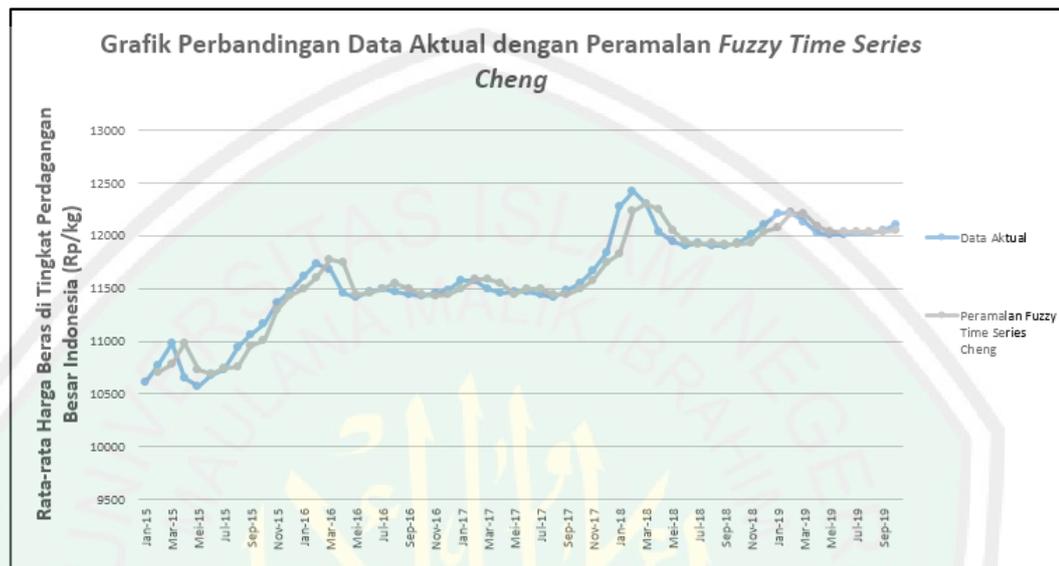
Memodifikasi peramalan dengan peramalan adaptif. Pada langkah ini, perhitungan nilai taksiran akhir yaitu menggunakan peramalan adaptif guna untuk mendapatkan nilai taksiran terbaik yang dapat dicari menggunakan persamaan (2.29). Dimana parameter (h) terbaik yang diperoleh yaitu 0,6. Berikut adalah hasil perhitungan peramalan adaptif:

Tabel 4.18 Nilai Peramalan Adaptif

Periode	Data Aktual	Peramalan Adaptif	Periode	Data Aktual	Peramalan Adaptif
Jan-15	10612	-	Jun-17	11465	11489,11
Feb-15	10766	10700	Jul-17	11448	11489,11
Mar-15	10987	10777	Agu-17	11411	11442,5
Apr-15	10648	10975,5	Sep-17	11482	11443,25
Mei-15	10569	10718	Okt-17	11552	11497,61
Jun-15	10679	10678,5	Nov-17	11665	11571,5
Jul-15	10732	10733,5	Des-17	11838	11737,31
Agu-15	10935	10760	Jan-18	12276	11823,81
Sep-15	11055	10949,5	Feb-18	12414	12240,4
Okt-15	11169	11009,5	Mar-18	12299	12309,4
Nov-15	11365	11281	Apr-18	12035	12251,9
Des-15	11465	11420,25	Mei-18	11943	12044
Jan-16	11614	11489,11	Jun-18	11907	11937,5
Feb-16	11729	11602,5	Jul-18	11936	11919,5
Mar-16	11678	11769,31	Agu-18	11899	11934
Apr-16	11449	11743,81	Sep-18	11900	11915,5
Mei-16	11417	11443	Okt-18	11926	11916
Jun-16	11469	11446,25	Nov-18	12013	11929
Jul-16	11498	11491,11	Des-18	12106	12029,7
Agu-16	11475	11544,5	Jan-19	12211	12079,5
Sep-16	11448	11494,11	Feb-19	12222	12207,9
Okt-16	11433	11442,5	Mar-19	12124	12213,4
Nov-16	11450	11435	Apr-19	12019	12088,5
Des-16	11476	11443,5	Mei-19	12008	12032,7
Jan-17	11579	11494,61	Jun-19	12009	12027,2
Feb-17	11571	11585	Jul-19	12021	12027,7
Mar-17	11494	11581	Agu-19	12018	12037
Apr-17	11449	11542,5	Sep-19	12050	12032,2

Mei-17	11465	11443	Okt-19	12108	12051,5
--------	-------	-------	--------	-------	---------

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series Cheng* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Peramalan *Fuzzy Time Series Cheng*

4.3 Perbandingan Tingkat Akurasi

Pengujian tingkat akurasi pada penelitian menggunakan kriteria perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada persamaan (2.30). Adapun hasil perhitungan tingkat akurasi dapat dilihat pada tabel berikut:

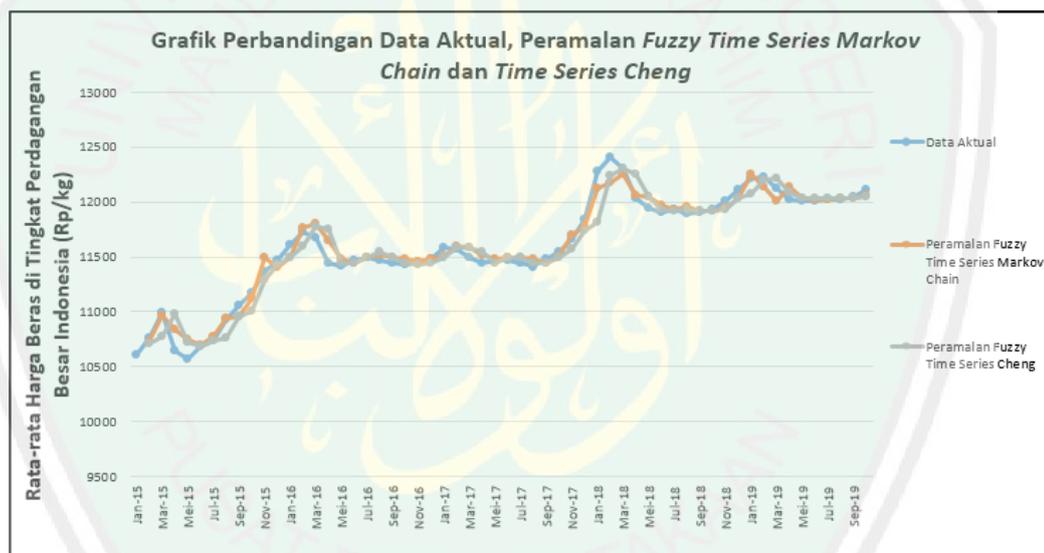
Tabel 4.19 Perhitungan Tingkat Akurasi

	<i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	<i>Fuzzy Time series Cheng</i>
Mean Absolute Percentage Error	0,52%	0,69%

Tabel 4.19 di atas menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memperoleh nilai MAPE sebesar 0,52% yang berarti tingkat akurasi mencapai 99,48% dari data aktual. Sedangkan metode *Fuzzy Time Series Cheng*

memperoleh nilai MAPE sebesar 0,69% yang berarti tingkat akurasi mencapai 99,31% dari data aktual. Berdasarkan Tabel 2.29 maka hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* sama-sama memenuhi kriteria hasil peramalan yang sangat baik karena nilai $MAPE < 10\%$.

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dengan nilai peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Data Aktual, Peramalan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa nilai peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* yang ditunjukkan dengan grafik berwarna abu-abu menjelaskan bahwa plot sebaran data peramalan yang dihasilkan cenderung berbeda dengan pola data aktual yang diteliti. Berbeda dengan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* yang ditunjukkan dengan grafik berwarna jingga

yang menjelaskan bahwa plot sebaran data peramalan yang dihasilkan hampir sama dengan pola data aktual yang diteliti. Merujuk pada bab sebelumnya, terdapat perbedaan pada proses perhitungan peramalan antara *Fuzzy Time Series Markov Chain* dengan *Fuzzy Time Series Cheng*. Sehingga perbedaan tersebut berdampak pada nilai peramalan yang diperoleh.

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih mendekati nilai data aktual dibandingkan dengan *Fuzzy Time Series Cheng*.

4.4 Hasil Peramalan dengan Metode yang Lebih Baik

Berdasarkan penerapan metode yang dilakukan pada subbab 4.2 dan perhitungan tingkat akurasi metode pada subbab 4.3, diketahui bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* lebih baik dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series Cheng* pada peramalan rata-rata harga beras. Sehingga untuk peramalan periode berikutnya dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Karena metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* hanya dapat meramalkan satu periode ke depan, yaitu pada bulan November 2019. Maka untuk meramalkan beberapa bulan ke depan yaitu dengan menganggap setiap *output* peramalan yang dihasilkan akan dijadikan data *input* untuk meramalkan periode berikutnya. Sebagai contoh yaitu peramalan bulan November 2019 ($t = 59$). Karena hasil peramalan pada bulan Oktober adalah Rp. 12.065, maka nilai data aktual pada bulan November adalah Rp12.065,00. Karena harga Rp12.065,00 berada pada u_6 , sehingga dengan melihat data bulan sebelumnya yaitu Oktober 2019 ($t = 58$) yang terfuzzifikasi menjadi \tilde{A}_6 , maka FLR yang didapatkan adalah

\tilde{A}_6 ke \tilde{A}_6 , dan FLRG yang terbentuk adalah $\tilde{A}_6 \rightarrow \tilde{A}_6, \tilde{A}_7$. Sehingga berdasarkan aturan 2 pada persamaan (2.17), hasil peramalannya adalah:

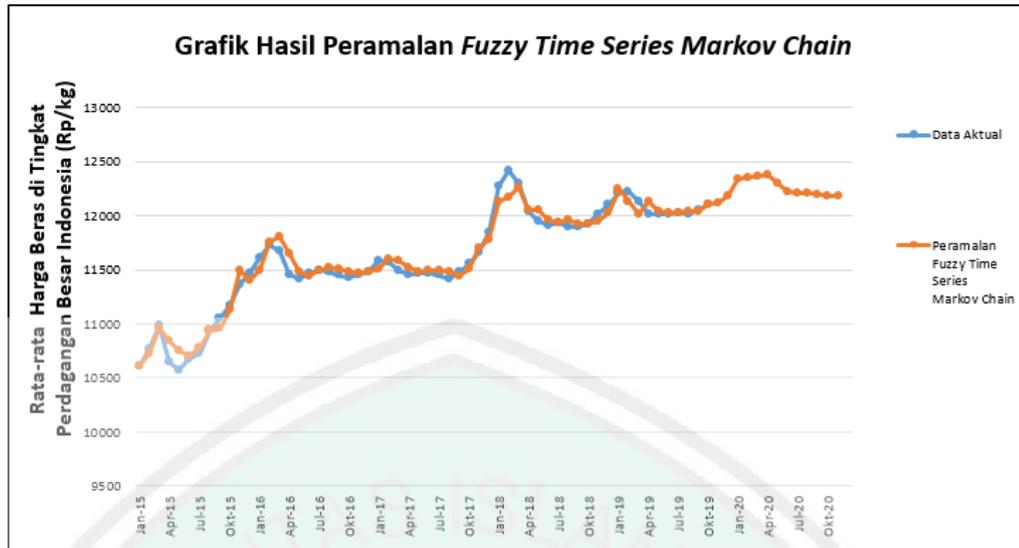
$$\begin{aligned} F(59) &= Y_{t-1}P_{66} + m_7P_{67} \\ &= (12108)\left(\frac{15}{16}\right) + (12020)\left(\frac{1}{16}\right) \\ &= 11351,25 + 767,75 \\ &= 12119 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, maka hasil peramalan 13 bulan berikutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20 Hasil Peramalan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Bulan	Hasil Peramalan
Nov-19	12119
Des-19	12078
Jan-20	12189
Feb-20	12339
Mar-20	12351
Apr-20	12363
Mei-20	12376
Jun-20	12292
Jul-20	12228
Agu-20	12217
Sep-20	12135
Okt-20	12195
Nov-20	12193
Des-20	12284

Visualisasi grafik peramalan dengan menggunakan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Grafik Peramalan *Fuzzy Time Series Markov Chain*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan:

1. Penerapan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* pada peramalan rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar Indonesia menghasilkan pola data yang mendekati atau mengikuti pola dari data aktual. Sedangkan pola data yang diperoleh dari metode *Fuzzy Time Series Cheng* cenderung berbeda dengan pola data aktualnya. Hal tersebut terjadi karena adanya perbedaan pada perhitungan nilai peramalan antara *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*.
2. Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series Cheng*. Diperoleh nilai MAPE untuk *Fuzzy Time Series Markov Chain* yaitu 0,52%. Sedangkan nilai MAPE untuk *Fuzzy Time Series Cheng* yaitu sebesar 0,69%.
3. Hasil peramalan rata-rata harga beras di tingkat perdagangan besar (grosir) Indonesia (perusahaan) dari bulan November 2019 sampai Desember 2020 menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* menghasilkan pola data yang sama seperti tahun sebelumnya.

5.2 Saran

Pada perhitungan peramalan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan manual di *MS-Excel*. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat

dilakukan perhitungan dengan pembuatan program agar mempermudah dalam memperoleh ramalan secara efektif.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Maraghi, A. (1988). *Terjemahan Tafsir Al-Maraghi 12*. Semarang: CV. Toha Putra.
- Bappenas. (2010). *Rancangan Pembangunan Jangka Menengah (RPJHMN) 2010-2014 (Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2010)*. Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Budiharto, W., & Derwin, S. (2014). *Artificial Intelligence: Konsep dan Penerapannya*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Chang, P. C., Wang, Y. W., & Liu, C. H. (2007). The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert Systems with Applications*, 32, 86-96.
- Cheng, C.-H., Chen, T.-L., Teoh, H.-J., & Chiang, C.-H. (2008). Fuzzy Time Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX Forecasting. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1126-1132.
- Faroh, R. A. (2016). *Penerapan Model Fuzzy Time Series-Markov Chain untuk Peramalan Inflasi*. Malang: Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Handoko, B. (2010). Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur dan Bali Menggunakan Fuzzy Time Series. Dipetik November 11, 2018, dari <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12683-paper.pdf>
- Hasan, I. (2011). *Manajemen Operasional Perspektif Integratif*. Malang: UIN Maliki Press.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, S. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan*. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelright, S., & McGree, V. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan-Edisi ke-2, Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Purwanto, A. D., Candra, D., & Nanang, Y. S. (2013). Peramalan Metode Fuzzy Time Series Average Based pada Peramalan Data Harian Penampungan Susu Sapi. *Repositori Jurnal Mahasiswa PTHK UB*, 1(5), 1-8.
- Rahmawati, Cynthia, E. P., & Susilowati, K. (2019). Metode Fuzzy Time Series Cheng dalam Memprediksi Jumlah Wisatawan di Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)*, 1(1), 11-23.
- Ross, S. (2010). *Introduction to Probability Models*. California (US): Academic Pr.

- Serzof, R. (2009). *Basics of Applied Stochastic Processes*. Berlin: Springer-Verlag.
- Shiddieqy, N. (2003). *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Semarang: Pustaka Rizqi Putra.
- Stirzaker, D. (2005). *Stochastic Processes and Models*. New York: Oxford University Press.
- Supranto, J. (1993). *Statistika: Teori dan Aplikasinya*. Jakarta: Erlangga.
- Suryana, A., Rachman, B., & Hartono, M. D. (2014). Dinamika Kebijakan Harga Gabah dan Beras Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 7(4), 155-168.
- Tauryawati, M. L., & Irawan, M. I. (2014). Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi IHSG. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(2), 34-39.
- Tsaur, R. (2012). A Fuzzy Time Series-Markov Chain 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.
- Zimmermann, H. J. (1934). *Fuzzy Set Theory and Its Applications* (2nd ed.). New York: Kluwer Academic.

Lampiran 1. Perhitungan *MAPE* pada Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*

<i>t</i>	Periode	Harga Beras Rp/Kg		<i>error</i>
		Aktual	Peramalan	
1	Jan-15	10612	-	-
2	Feb-15	10766	10729	0,34%
3	Mar-15	10987	10964	0,21%
4	Apr-15	10648	10840	1,80%
5	Mei-15	10569	10753	1,74%
6	Jun-15	10679	10701	0,20%
7	Jul-15	10732	10774	0,39%
8	Agu-15	10935	10941	0,06%
9	Sep-15	11055	10954	0,91%
10	Okt-15	11169	11126	0,38%
11	Nov-15	11365	11492	1,12%
12	Des-15	11465	11401	0,56%
13	Jan-16	11614	11491	1,06%
14	Feb-16	11729	11759	0,26%
15	Mar-16	11678	11809	1,12%
16	Apr-16	11449	11651	1,76%
17	Mei-16	11417	11477	0,52%
18	Jun-16	11469	11448	0,18%
19	Jul-16	11498	11495	0,03%
20	Agu-16	11475	11521	0,40%
21	Sep-16	11448	11501	0,46%
22	Okt-16	11433	11476	0,38%
23	Nov-16	11450	11462	0,11%
24	Des-16	11476	11478	0,02%
25	Jan-17	11579	11501	0,67%
26	Feb-17	11571	11595	0,21%
27	Mar-17	11494	11588	0,82%
28	Apr-17	11449	11518	0,60%
29	Mei-17	11465	11477	0,10%
30	Jun-17	11465	11491	0,23%
31	Jul-17	11448	11491	0,38%
32	Agu-17	11411	11476	0,57%
33	Sep-17	11482	11442	0,35%
34	Okt-17	11552	11507	0,39%
35	Nov-17	11665	11703	0,32%
36	Des-17	11838	11777	0,52%
37	Jan-18	12276	12127	1,21%

Lampiran 1 (Lanjutan)

<i>t</i>	Periode	Harga Beras Rp/Kg		<i>error</i>
		Aktual	Peramalan	
38	Feb-18	12414	12174	1,94%
39	Mar-18	12299	12256	0,35%
40	Apr-18	12035	12055	0,17%
41	Mei-18	11943	12051	0,90%
42	Jun-18	11907	11964	0,48%
43	Jul-18	11936	11931	0,05%
44	Agu-18	11899	11958	0,49%
45	Sep-18	11900	11923	0,19%
46	Okt-18	11926	11924	0,02%
47	Nov-18	12013	11948	0,54%
48	Des-18	12106	12030	0,63%
49	Jan-19	12211	12249	0,31%
50	Feb-19	12222	12135	0,72%
51	Mar-19	12124	12009	0,95%
52	Apr-19	12019	12134	0,96%
53	Mei-19	12008	12036	0,23%
54	Jun-19	12009	12025	0,14%
55	Jul-19	12021	12026	0,04%
56	Agu-19	12018	12037	0,16%
57	Sep-19	12050	12035	0,13%
58	Okt-19	12108	12065	0,36%
MAPE				0,53%

Lampiran 2. Perhitungan *MAPE* pada Metode *Fuzzy Time Series Cheng*

<i>t</i>	Periode	Harga Beras Rp/Kg		<i>error</i>
		Aktual	Peramalan	
1	Jan-15	10612	-	-
2	Feb-15	10766	10700	0,61%
3	Mar-15	10987	10777	1,91%
4	Apr-15	10648	10976	3,08%
5	Mei-15	10569	10718	1,41%
6	Jun-15	10679	10679	0,00%
7	Jul-15	10732	10734	0,01%
8	Agu-15	10935	10760	1,60%
9	Sep-15	11055	10950	0,95%
10	Okt-15	11169	11010	1,43%
11	Nov-15	11365	11281	0,74%
12	Des-15	11465	11420	0,39%
13	Jan-16	11614	11489	1,08%
14	Feb-16	11729	11603	1,08%
15	Mar-16	11678	11769	0,78%
16	Apr-16	11449	11744	2,58%
17	Mei-16	11417	11443	0,23%
18	Jun-16	11469	11446	0,20%
19	Jul-16	11498	11491	0,06%
20	Agu-16	11475	11545	0,61%
21	Sep-16	11448	11494	0,40%
22	Okt-16	11433	11443	0,08%
23	Nov-16	11450	11435	0,13%
24	Des-16	11476	11444	0,28%
25	Jan-17	11579	11495	0,73%
26	Feb-17	11571	11585	0,12%
27	Mar-17	11494	11581	0,76%
28	Apr-17	11449	11543	0,82%
29	Mei-17	11465	11443	0,19%
30	Jun-17	11465	11489	0,21%
31	Jul-17	11448	11489	0,36%
32	Agu-17	11411	11443	0,28%
33	Sep-17	11482	11443	0,34%
34	Okt-17	11552	11498	0,47%
35	Nov-17	11665	11572	0,80%
36	Des-17	11838	11737	0,85%
37	Jan-18	12276	11824	3,68%
38	Feb-18	12414	12240	1,40%

Lampiran 2 (Lanjutan)

<i>t</i>	Periode	Harga Beras Rp/Kg		<i>error</i>
		Aktual	Peramalan	
39	Mar-18	12299	12309	0,08%
40	Apr-18	12035	12252	1,80%
41	Mei-18	11943	12044	0,85%
42	Jun-18	11907	11938	0,26%
43	Jul-18	11936	11920	0,14%
44	Agu-18	11899	11934	0,29%
45	Sep-18	11900	11916	0,13%
46	Okt-18	11926	11916	0,08%
47	Nov-18	12013	11929	0,70%
48	Des-18	12106	12030	0,63%
49	Jan-19	12211	12080	1,08%
50	Feb-19	12222	12208	0,12%
51	Mar-19	12124	12213	0,74%
52	Apr-19	12019	12089	0,58%
53	Mei-19	12008	12033	0,21%
54	Jun-19	12009	12027	0,15%
55	Jul-19	12021	12028	0,06%
56	Agu-19	12018	12037	0,16%
57	Sep-19	12050	12032	0,15%
58	Okt-19	12108	12052	0,47%
MAPE				0,69%

Lampiran 3. Perbandingan Data Aktual, Peramalan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng*

<i>t</i>	Periode	Data Aktual	<i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	<i>Fuzzy Time Series Cheng</i>
1	Jan-15	10612	–	–
2	Feb-15	10766	10729	10700
3	Mar-15	10987	10964	10777
4	Apr-15	10648	10840	10976
5	Mei-15	10569	10753	10718
6	Jun-15	10679	10701	10679
7	Jul-15	10732	10774	10734
8	Agu-15	10935	10941	10760
9	Sep-15	11055	10954	10950
10	Okt-15	11169	11126	11010
11	Nov-15	11365	11492	11281
12	Des-15	11465	11401	11420
13	Jan-16	11614	11491	11489
14	Feb-16	11729	11759	11603
15	Mar-16	11678	11809	11769
16	Apr-16	11449	11651	11744
17	Mei-16	11417	11477	11443
18	Jun-16	11469	11448	11446
19	Jul-16	11498	11495	11491
20	Agu-16	11475	11521	11545
21	Sep-16	11448	11501	11494
22	Okt-16	11433	11476	11443
23	Nov-16	11450	11462	11435
24	Des-16	11476	11478	11444
25	Jan-17	11579	11501	11495
26	Feb-17	11571	11595	11585
27	Mar-17	11494	11588	11581
28	Apr-17	11449	11518	11543
29	Mei-17	11465	11477	11443
30	Jun-17	11465	11491	11489
31	Jul-17	11448	11491	11489
32	Agu-17	11411	11476	11443
33	Sep-17	11482	11442	11443
34	Okt-17	11552	11507	11498
35	Nov-17	11665	11703	11572
36	Des-17	11838	11777	11737
37	Jan-18	12276	12127	11824
38	Feb-18	12414	12174	12240

Lampiran 3 (Lanjutan)

<i>t</i>	Periode	Data Aktual	<i>Fuzzy Time Series Markov Chain</i>	<i>Fuzzy Time Series Cheng</i>
39	Mar-18	12299	12256	12309
40	Apr-18	12035	12055	12252
41	Mei-18	11943	12051	12044
42	Jun-18	11907	11964	11938
43	Jul-18	11936	11931	11920
44	Agu-18	11899	11958	11934
45	Sep-18	11900	11923	11916
46	Okt-18	11926	11924	11916
47	Nov-18	12013	11948	11929
48	Des-18	12106	12030	12030
49	Jan-19	12211	12249	12080
50	Feb-19	12222	12135	12208
51	Mar-19	12124	12009	12213
52	Apr-19	12019	12134	12089
53	Mei-19	12008	12036	12033
54	Jun-19	12009	12025	12027
55	Jul-19	12021	12026	12028
56	Agu-19	12018	12037	12037
57	Sep-19	12050	12035	12032
58	Okt-19	12108	12065	12052

RIWAYAT HIDUP



Noviani, lahir di Banyuwangi 04 September 1996, tinggal di Desa Wongsorejo, Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi. Anak sulung dari dua bersaudara, putri dari pasangan bapak H. Matraji dan ibu Hj. Fatmawati.

Pendidikan taman kanak-kanak ditempuh di TK Bustanul Ulum Wongsorejo dan lulus pada tahun 2003. Pendidikan dasar di MI Bustanul Ulum Wongsorejo dan lulus pada 2009. Pendidikan menengah pertama di MTS Bustanul Ulum Wongsorejo dan lulus pada tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Ibrahimy Sukorejo dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya menempuh pendidikan tinggi pada tahun 2015 di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil jurusan Matematik Fakultas Sains dan Teknologi. Penulis dapat dihubungi melalui email: noviani094@gmail.com.



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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Noviani
NIM : 15610035
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* (Studi Kasus: Rata-rata Harga Beras)
Pembimbing I : Dewi Ismiarti, M.Si
Pembimbing II : Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	27 Oktober 2020	Konsultasi Bab I, Bab II, Bab III dan Bab IV	1.
2	01 November 2020	Konsultasi Kajian Keagamaan pada Bab I dan Bab II	2.
3	09 November 2020	Revisi Bab I dan Bab II	3.
4	16 November 2020	Revisi Kajian Keagamaan pada Bab I dan Bab II	4.
5	18 November 2020	Konsultasi Bab III, Bab IV, Bab V	5.
6	23 November 2020	Konsultasi Kajian Keagamaan & Kepenulisan pada Bab II	6.
7	24 November 2020	Revisi Bab III dan Bab IV	7.
8	25 November 2020	Revisi Bab IV dan Bab V	8.
9	03 Desember 2020	ACC Bab I, Bab II, Bab III, Bab IV, Bab V dan Kajian Keagamaan Bab I dan Bab II	9.
10	02 Desember 2020	Konsultasi Keseluruhan	10.
11	03 Desember 2020	Revisi Keseluruhan	11.
12	04 Desember 2020	ACC Keseluruhan	12.

Malang, 17 Desember 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001