

**EFEKTIVITAS METODE *FUZZY TIME SERIES CHENG*  
ORDE DUA DENGAN TIGA PENDEKATAN PEMBAGIAN  
INTERVAL TERHADAP PREDIKSI HARGA BAWANG  
MERAH DI KOTA SINGKAWANG**

**SKRIPSI**

**OLEH:  
RINI ARIYANI  
NIM. 210601110033**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2025**

**EFEKTIVITAS METODE *FUZZY TIME SERIES CHENG*  
ORDE DUA DENGAN TIGA PENDEKATAN PEMBAGIAN  
INTERVAL TERHADAP PREDIKSI HARGA BAWANG  
MERAH DI KOTA SINGKAWANG**

**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:  
RINI ARIYANI  
NIM. 210601110033**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2025**

**EFEKTIVITAS METODE *FUZZY TIME SERIES* CHENG  
ORDE DUA DENGAN TIGA PENDEKATAN PEMBAGIAN  
INTERVAL TERHADAP PREDIKSI HARGA BAWANG  
MERAH DI KOTA SINGKAWANG**

**SKRIPSI**

**Oleh  
Rini Ariyani  
NIM. 210601110033**

Telah Disetujui Untuk Diuji

Malang, 15 Mei 2025

Dosen Pembimbing I



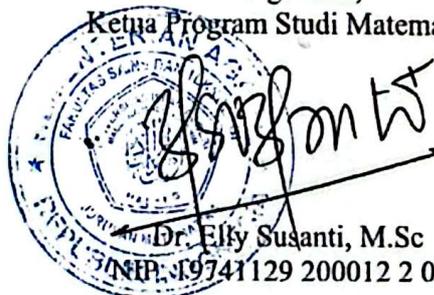
Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D  
NIP. 19571005 198203 1 006

Dosen Pembimbing II



Erna Herawati, M.Pd  
NIPPPK. 19760723 202321 2 006

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



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

**EFEKTIVITAS METODE *FUZZY TIME SERIES* CHENG  
ORDE DUA DENGAN TIGA PENDEKATAN PEMBAGIAN  
INTERVAL TERHADAP PREDIKSI HARGA BAWANG  
MERAH DI KOTA SINGKAWANG**

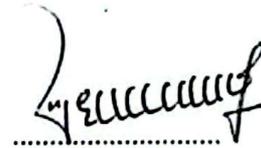
**SKRIPSI**

**Oleh  
Rini Ariyani  
NIM. 210601110033**

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

Tanggal 17 Juni 2025

Ketua Penguji : Evawati Alisah, M.Pd



Anggota Penguji 1 : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si



Anggota Penguji 2 : Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D



Anggota Penguji 3 : Erna Herawati, M.Pd



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



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

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rini Ariyani  
NIM : 210601110033  
Jurusan : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Efektivitas Metode *Fuzzy Time Series Cheng* Orde Dua  
dengan Tiga Pendekatan Pembagian Interval terhadap  
Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Singkawang

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya 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, 17 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan,



Rini Ariyani  
NIM.210601110033

## MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”  
(Q.S. Al-Insyirah: 6)

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayahanda H. Matsuri dan Ibunda Hj. Mu'inna tercinta, yang selalu mendoakan, memberi semangat, dan kasih sayang, serta kakak tersayang Muhsin yang selalu memberikan dukungan bagi penulis.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas Metode *Fuzzy Time Series Cheng Orde Dua* dengan Tiga Pendekatan Pembagian Interval terhadap Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Singkawang” ini dengan baik. Skripsi ini disusun 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, saya mendapat banyak dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, saya ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang dengan telah memberikan bimbingan, masukan, serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Erna Herawati, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing II yang banyak memberikan ilmu, arahan dan masukan kepada penulis.
6. Semua Dosen dan civitas akademik Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Bapak Matsuri dan Ibu Mu'inna selaku orang tua penulis, serta keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan moral dan materiil tanpa henti.
8. Semua teman-teman di Program Studi Matematika angkatan 2021.

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan, yang telah membantu menyelesaikan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Malang, 17 Juni 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
مستخلص البحث.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
1.6 Definisi Istilah .....	7
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>8</b>
2.1 Prediksi dalam Analisis Data.....	8
2.1.1 Pengertian Prediksi.....	8
2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Prediksi .....	10
2.2 <i>Time Series</i> dan <i>Fuzzy Time Series</i> dalam Prediksi Data .....	10
2.2.1 <i>Time Series</i> .....	11
2.2.2 <i>Fuzzy Time Series</i> .....	12
2.2.3 Perbedaan <i>Time Series</i> dan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	15
2.2.4 <i>Fuzzy Time Series Cheng</i> .....	17
2.2.5 Penerapan <i>Fuzzy Time Series</i> Orde Tinggi (Orde Dua) .....	18
2.3 Akurasi dan <i>Error</i> dalam Prediksi.....	19
2.3.1 Pengertian Akurasi dan <i>Error</i> .....	20
2.3.2 Metode Evaluasi <i>Error</i> .....	21
2.4 Komoditas Bawang Merah .....	22
2.4.1 Faktor yang Mempengaruhi Harga Bawang Merah.....	23
2.4.2 Pentingnya Prediksi Harga Bawang Merah .....	24
2.5 Prediksi dalam Pandangan Islam.....	25
2.6 Kajian Topik dengan Teori Pendukung .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	33
3.2 Data dan Sumber Data.....	33
3.3 Instrumen Penelitian.....	34
3.4 Teknik Analisis Data .....	34
3.5 <i>Flowchart</i> .....	39

<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
4.1 Analisis Deskriptif Data .....	40
4.2 Penerapan FTSC Orde Dua Berdasarkan Pembagian Interval dengan Rumus <i>Sturges</i> .....	42
4.2.1 Fuzzifikasi Data .....	43
4.2.2 Pembentukan FLR dan FLRG.....	47
4.2.3 Penyusunan Matriks Pembobotan dan Normalisasi.....	51
4.2.4 Perhitungan Nilai Peramalan Awal dan Peramalan Adaptif.....	54
4.3 Penerapan FTSC Orde Dua dengan Modifikasi Subinterval Berdasarkan Frekuensi Bertingkat .....	57
4.3.1 Fuzzifikasi Data .....	58
4.3.2 Pembentukan FLR dan FLRG.....	62
4.3.3 Penyusunan Matriks Pembobotan dan Normalisasi.....	66
4.3.4 Perhitungan Nilai Peramalan Awal dan Peramalan Adaptif.....	67
4.4 Penerapan FTSC Orde Dua Berdasarkan Modifikasi Subinterval dengan Distribusi Data yang Merata .....	71
4.4.1 Fuzzifikasi Data .....	72
4.4.2 Pembentukan FLR dan FLRG.....	76
4.4.3 Penyusunan Matriks Pembobotan dan Normalisasi.....	80
4.4.4 Perhitungan Nilai Peramalan Awal dan Peramalan Adaptif.....	82
4.5 Perbandingan Tingkat Akurasi .....	85
4.6 Relevansi Ilmu dan Akurasi dalam Islam.....	93
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran.....	98
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>99</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan <i>Time Series</i> dan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	16
Tabel 2.2	Kriteria Tingkat Akurasi MAPE.....	22
Tabel 3.1	Kategori Tingkat Akurasi MAPE .....	38
Tabel 4.1	Harga Bawang Merah di Kota Singkawang Tahun 2019-2023.....	40
Tabel 4.2	Interval <i>Fuzzy</i> FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ) .....	45
Tabel 4.3	Fuzzifikasi Data FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ).....	46
Tabel 4.4	FLR Data pada FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ).....	48
Tabel 4.5	FLRG pada FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ) .....	50
Tabel 4.6	Matriks Pembobotan FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ).....	51
Tabel 4.7	Matriks Bobot Normalisasi FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ).....	52
Tabel 4.8	Nilai Peramalan Awal FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ) .....	55
Tabel 4.9	Peramalan Adaptif FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ) .....	56
Tabel 4.10	Pembentukan Subinterval (Frekuensi Bertingkat) .....	59
Tabel 4.11	Interval <i>Fuzzy</i> FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat).....	59
Tabel 4.12	Fuzzifikasi Data FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat) .....	61
Tabel 4.13	FLR Data pada FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat).....	62
Tabel 4.14	FLRG pada FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat).....	65
Tabel 4.15	Matriks Pembobotan FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat).....	66
Tabel 4.16	Matriks Bobot Normalisasi FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat).....	67
Tabel 4.17	Peramalan Awal Nilai FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat) ...	68
Tabel 4.18	Peramalan Adaptif FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat) .....	69
Tabel 4.19	Pembentukan Subinterval (Distribusi Data Merata) .....	72
Tabel 4.20	Interval <i>Fuzzy</i> FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata) .....	73
Tabel 4.21	Fuzzifikasi Data FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata).....	75
Tabel 4.22	FLR pada FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata) .....	77
Tabel 4.23	FLRG pada FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata).....	79
Tabel 4.24	Matriks Pembobotan FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)..	80
Tabel 4.25	Matriks Bobot Normalisasi FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata) .....	81
Tabel 4.26	Peramalan Awal Nilai FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)	83
Tabel 4.27	Peramalan Adaptif Nilai FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata) .....	84
Tabel 4.28	Nilai MAPE FTSC Orde Dua ( <i>Sturges</i> ).....	85
Tabel 4.29	Nilai MAPE FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat) .....	88
Tabel 4.30	Nilai MAPE Metode FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)..	90
Tabel 4.31	Nilai MAPE Metode FTSC Orde Dua .....	92

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> .....	39
Gambar 4.1 Pola Harga Bawang Merah Kota Singkawang (2019-2023).....	41

## ABSTRAK

Ariyani, Rini. 2025. **Efektivitas Metode *Fuzzy Time Series Cheng* Orde Dua dalam Memprediksi Harga Bawang Merah di Kota Singkawang Berdasarkan Pendekatan Pembagian Interval yang Berbeda**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D, (II) Erna Herawati, M.Pd

**Kata kunci:** *Fuzzy Time Series Cheng* Orde Dua, Prediksi Harga, Bawang Merah, Pembagian Interval, MAPE

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan mengevaluasi efektivitas metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua dalam memprediksi harga bawang merah di Kota Singkawang. Metode ini dipilih karena mampu menangani data *time series* yang tidak pasti dan fluktuatif. Fokus utama penelitian ini adalah membandingkan tingkat akurasi hasil prediksi berdasarkan tiga pendekatan pembagian interval yang berbeda, yaitu pendekatan rumus *Sturges*, modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, dan modifikasi subinterval distribusi data yang merata. Setiap pendekatan memengaruhi proses fuzzifikasi yang berdampak pada pembentukan relasi *fuzzy* dan hasil prediksi akhir. Data yang digunakan berupa rata-rata harga bawang merah bulanan di Kota Singkawang dari Januari 2019 hingga Desember 2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* sebagai indikator utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Sturges* memiliki nilai MAPE sebesar 7,89%, pendekatan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat memiliki nilai MAPE 3,32% dan pendekatan modifikasi subinterval distribusi data yang merata memiliki nilai MAPE 2,84%. Berdasarkan uji akurasi tersebut disimpulkan bahwa pendekatan modifikasi subinterval distribusi data yang merata pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua memberikan hasil prediksi dengan tingkat akurasi terbaik dibandingkan dua pendekatan lainnya. Dengan demikian, pendekatan ini dinilai paling efektif dalam penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua untuk prediksi harga bawang merah.

## ABSTRACT

Ariyani, Rini. 2025. **The Effectiveness of the Second-Order Cheng Fuzzy Time Series Method in Predicting Shallot Prices in Singkawang City Based on Different Interval Division Approaches**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D, (II) Erna Herawati, M.Pd

**Keywords:** Second-Order Fuzzy Time Series Cheng, Price Prediction, Shallots, Interval Division, MAPE

This study aims to apply and evaluate the effectiveness of the Second-Order Fuzzy Time Series Cheng method in predicting shallot prices in Singkawang City. This method was chosen because it can handle uncertain and fluctuating time series data. The main focus of this study is to compare the accuracy of prediction results based on three different interval division approaches: the Sturges formula approach, modified subinterval based on frequency distribution, and modified subinterval based on evenly distributed data. Each approach influences the fuzzification process, which impacts the formation of fuzzy relations and the final prediction results. The data used consists of the monthly average red onion prices in Singkawang City from January 2019 to December 2023, obtained from the Central Statistics Agency. Accuracy evaluation was conducted using the Mean Absolute Percentage Error as the primary indicator. The research results showed that the Sturges approach had a MAPE value of 7.89%, the modified subinterval approach based on frequency distribution had a MAPE value of 3.32%, and the modified subinterval approach with uniform data distribution had a MAPE value of 2.84%. Based on the accuracy test, it was concluded that the modified subinterval approach with uniform data distribution in the second-order Fuzzy Time Series Cheng method provides the most accurate prediction results compared to the other two approaches. Therefore, this approach is considered the most effective in applying the second-order Fuzzy Time Series Cheng method for shallot prices prediction.

## مستخلص البحث

أرياني، ريني. ٢٠٢٥. فعالية طريقة السلاسل الزمنية الضبابية لتشفغ من الدرجة الثانية في التنبؤ بأسعار البصل الأحمر في مدينة سينكاوانغ بناءً على منهجيات تقسيم الفواصل المختلفة. البحث العلمي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانغ. المشرف (١) الأستاذ الدكتور، تورمودي، الماجستير في العلوم، الحاج، (٢) إيرنا هيراواتي، الماجستير في تعليم اللغة العربية

**الكلمات الأساسية:** طريقة السلاسل الزمنية الضبابية لتشفغ من الدرجة الثانية، التنبؤ بالأسعار، البصل الأحمر، تقسيم الفواصل، متوسط نسبة الخطأ المطلق

هدف هذا البحث إلى تطبيق وتقييم فعالية طريقة السلاسل الزمنية الضبابية لتنبؤ من الدرجة الثانية في تنبؤ أسعار البصل الأحمر في مدينة سينكاوانغ. تم اختيار هذه الطريقة لقدرتها على معالجة البيانات الزمنية غير المؤكدة والمتقلبة. وركز هذا البحث بشكل رئيسي على مقارنة دقة النتائج التنبؤية بناءً على ثلاث منهجيات مختلفة لتقسيم الفواصل، وهي: صيغة ستيرجيز، تعديل الفواصل الفرعية بناءً على التردد التراكمي، وتعديل الفواصل الفرعية على أساس التوزيع المتساوي للبيانات. أثر كل منهجية على عملية التغميم، مما ينعكس على تكوين العلاقات الضبابية والنتائج النهائية للتنبؤ. تم استخدام بيانات متوسط السعر الشهري للبصل الأحمر في مدينة سينكاوانغ من يناير ٢٠١٩ إلى ديسمبر ٢٠٢٣، والتي تم الحصول عليها من هيئة الإحصاء الإندونيسية. تم تقييم دقة التنبؤ باستخدام متوسط نسبة الخطأ المطلق كمؤشر رئيسي. أظهرت النتائج أن منهجية ستيرجيز حققت نسبة خطأ بلغت %٧,٨٩، ومنهجية تقسيم الفواصل الجزئية بالتردد التراكمي بلغت %٣,٣٢، ومنهجية تعديل الفواصل الجزئية بالتوزيع المتساوي بلغت %٢,٨٤. وبناءً على هذه النتائج، يمكن الاستنتاج أن منهجية تعديل الفواصل الفرعية بالتوزيع المتساوي هي الأكثر فعالية في تطبيق طريقة

السلاسل الزمنية الضبابية لتشفغ من الدرجة الثانية للتنبؤ بأسعار البصل الأحمر.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Prediksi merupakan proses memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan mengacu pada data atau pola yang telah terjadi sebelumnya (Sumartini dkk., 2017). Dalam praktiknya, orang sering menggunakan informasi atau kejadian masa lampau untuk memahami kemungkinan di masa depan. Prediksi memiliki tujuan untuk mengurangi ketidakpastian serta menghasilkan perkiraan yang lebih akurat mengenai peristiwa di masa mendatang (Jatipaningrum, 2016). Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam analisis prediksi adalah metode *time series*. Namun, data yang bersifat kompleks, fluktuatif dan tidak linear sering kali memerlukan metode yang lebih canggih untuk menghasilkan prediksi yang akurat. Salah satu pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian dan ketidaklinieran pada data adalah *Fuzzy Time Series* (FTS). FTS mampu mengatasi fluktuasi dan pola yang sulit diprediksi dengan mengintegrasikan logika *fuzzy* dalam proses prediksi.

*Fuzzy Time Series* (FTS) diperkenalkan sebagai solusi untuk menangani data yang tidak pasti dan tidak linear. FTS menggunakan konsep *fuzzy logic*, yaitu logika yang memungkinkan sesuatu memiliki nilai kebenaran tidak hanya “benar” atau “salah”, tetapi juga nilai di antara keduanya (seperti “mungkin benar” atau “agak salah”). *Fuzzy Time Series* adalah konsep yang dapat digunakan untuk memprediksi masalah di mana data historis terbentuk dalam nilai linguistik (Arnita dkk., 2020). Pendekatan ini cocok untuk data deret waktu yang sering kali sulit diprediksi

dengan cara-cara konvensional. Dalam Islam, ketidakpastian merupakan bagian dari takdir kehidupan yang hanya diketahui oleh Allah SWT. Namun, manusia tetap diperintahkan untuk berikhtiar dan terus berusaha mencari jalan keluar dari setiap ketidakpastian. Hal ini ditegaskan dalam Surah Ar-Ra'd ayat 11 (Kementerian Agama, 2022a):

“...*Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. ...*” (QS. Ar-Ra'd:11).

Ayat tersebut menguatkan pentingnya upaya manusia dalam menghadapi dan mengatasi ketidakpastian yang terjadi di kehidupan, termasuk dalam aspek ekonomi seperti fluktuasi harga komoditas. Manusia diperintahkan untuk terus berusaha mencari solusi melalui ikhtiar dan penggunaan ilmu pengetahuan. Dalam konteks ini, upaya untuk memahami dan memperkirakan pergerakan harga di masa depan merupakan bagian dari bentuk tanggung jawab dan usaha manusia dalam menciptakan perencanaan yang lebih baik dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penerapan metode prediktif seperti *Fuzzy Time Series* dapat dilihat sebagai wujud nyata ikhtiar manusia dalam merespons ketidakpastian melalui pendekatan ilmu pengetahuan yang terarah dan bertanggung jawab.

Dalam perkembangan metode *Fuzzy Time Series*, berbagai variasi dikembangkan untuk meningkatkan kinerja prediksi. Salah satunya adalah metode *Fuzzy Time Series Cheng* (FTSC), yang merupakan salah satu pendekatan *fuzzy logic* untuk analisis deret waktu yang memiliki pendekatan berbeda dalam memodelkan hubungan antar-nilai dalam deret waktu. FTSC diperkenalkan oleh Cheng sebagai alternatif dari metode FTS yang lebih sederhana dan praktis dengan

menggunakan rata-rata tertimbang dari nilai data sebelumnya untuk memprediksi nilai yang akan datang.

Keunggulan metode ini terletak pada kesederhanaannya yang tidak memerlukan pemodelan rumit sehingga menjadikannya lebih mudah diterapkan terutama pada data yang tidak terlalu kompleks. Selain itu, FTSC juga lebih fleksibel dalam menangani data deret waktu yang tidak memiliki pola transisi yang jelas. Akan tetapi, karena kesederhanaannya, FTSC terkadang menghasilkan prediksi yang kurang akurat dibanding metode yang lebih kompleks. Dengan demikian, seiring perkembangan penelitian, muncul variasi lanjutan dari FTSC, yaitu FTSC orde dua. FTSC orde dua mempertimbangkan dua nilai historis sebelumnya (orde dua) untuk memperkuat hubungan dalam peramalan. Pendekatan ini berpotensi meningkatkan akurasi dibandingkan FTSC dasar yang hanya menggunakan satu nilai historis.

Sebagai variabel penelitian, dalam hal ini akan diterapkan pada prediksi harga bawang merah. Harga bawang merah cenderung fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cuaca, kondisi pasar, dan distribusi. Ketidakpastian ini membuat harga bawang merah menjadi contoh relevan untuk menerapkan metode FTS, yang dirancang untuk menangani data deret waktu yang tidak pasti dan dinamis. Selain itu, prediksi harga bawang merah juga memiliki nilai strategis dalam pengambilan keputusan bagi seluruh pemangku kepentingan di sektor pertanian dan perdagangan, sehingga memerlukan metode yang lebih akurat.

Salah satu aspek penting dalam penerapan metode FTS adalah proses fuzzifikasi, di mana data numerik diubah menjadi data linguistik melalui pembagian interval. Jumlah interval yang digunakan dalam proses pengelompokan data pada

metode *Fuzzy Time Series* memiliki peran penting dalam menentukan tingkat akurasi hasil peramalan (Ismiarti dkk., 2023). Pembagian interval ini sangat memengaruhi hasil prediksi, karena menentukan batasan dari himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam proses logika *fuzzy*. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan pada perbandingan efektivitas metode FTSC orde dua berdasarkan tiga pendekatan pembagian interval, yaitu menggunakan rumus *Sturges*, modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, dan modifikasi subinterval distribusi data yang merata.

Pemilihan pendekatan perbandingan berdasarkan jumlah interval dilakukan karena kualitas hasil prediksi sangat bergantung pada efektivitas proses fuzzifikasi. (Huarng, 2001) mengatakan bahwa panjang interval memengaruhi hasil perkiraan dalam *Fuzzy Time Series*. Sehingga jumlah interval yang terlalu sedikit dapat menyebabkan data menjadi terlalu kasar dan kurang merepresentasikan variasi yang ada, sedangkan jumlah interval yang terlalu banyak justru membuat data terlalu tersebar sehingga pola historis sulit dikenali. Oleh karena itu, dengan membandingkan tiga metode pembagian interval, penelitian ini bertujuan menemukan pendekatan pembagian interval yang paling optimal untuk meningkatkan akurasi prediksi menggunakan metode FTSC orde dua.

Penelitian ini muncul sebagai respons terhadap kebutuhan akan akurasi yang lebih tinggi dalam prediksi harga komoditas pertanian, khususnya bawang merah yang memiliki nilai ekonomi strategis di masyarakat. Dengan membandingkan efektivitas metode berdasarkan pembagian interval, penelitian ini bertujuan untuk menilai mana pendekatan yang paling akurat dan efektif dalam konteks data fluktuatif seperti harga bawang merah. Ketepatan prediksi ini penting untuk

mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data dan perencanaan distribusi komoditas.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai penerapan pembagian interval yang berbeda dalam penerapan metode FTSC orde dua untuk prediksi harga bawang merah di Kota Singkawang. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pendekatan yang lebih akurat dari metode FTSC orde dua, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian atau aplikasi serupa di masa mendatang, terutama dalam prediksi harga komoditas pangan yang sering mengalami fluktuasi di pasar. Selain itu, penelitian ini dapat membantu mengembangkan model prediksi yang lebih baik dan memberikan wawasan berharga bagi masyarakat Kota Singkawang yang berkepentingan di industri pertanian dan perdagangan bawang merah. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan metode yang lebih efektif untuk mengelola dan meningkatkan keseimbangan harga pasar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua dalam memprediksi harga bawang merah di Kota Singkawang berdasarkan pendekatan pembagian interval yang berbeda?
2. Pendekatan pembagian interval manakah yang lebih efektif menghasilkan tingkat akurasi prediksi terbaik dalam penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua dalam memprediksi harga bawang merah di Kota Singkawang berdasarkan pendekatan pembagian interval yang berbeda.
2. Menentukan pendekatan pembagian interval yang menghasilkan tingkat akurasi prediksi terbaik dalam penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua, serta menganalisis pengaruh variasi pembagian interval terhadap akurasi prediksi, khususnya pada harga komoditas.

2. Bagi Pembaca

Menyediakan referensi dan wawasan baru tentang efektivitas metode FTS dalam prediksi harga, yang dapat diaplikasikan pada komoditas lain atau bidang serupa.

3. Bagi Program Studi

Memperkaya penelitian di bidang matematika terapan, khususnya dalam penggunaan metode prediksi *fuzzy* yang dapat dijadikan bahan pengembangan kurikulum dan topik penelitian lanjutan.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data yang dianalisis terdiri dari rata-rata harga bawang merah di Kota Singkawang dari Januari 2019 hingga Desember 2023.
2. Tingkat efektivitas metode dalam memprediksi data diukur berdasarkan nilai akurasi dengan menggunakan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

## 1.6 Definisi Istilah

Penelitian ini menggunakan beberapa istilah yang didefinisikan sebagai berikut:

- |                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| Efektivitas                           | : | Tingkat keberhasilan suatu metode atau tindakan dalam mencapai tujuan atau hasil yang diinginkan.                                      |
| <i>Fuzzy Time Series</i> (FTS)        | : | Metode prediksi untuk data runtun waktu yang mengaplikasikan logika <i>fuzzy</i> dalam mengelola ketidakpastian dan fluktuasi data.    |
| <i>Fuzzy Time Series Cheng</i> (FTSC) | : | Varian <i>FTS</i> yang memperbaiki akurasi prediksi dengan mengoptimalkan pembentukan himpunan <i>fuzzy</i> sesuai karakteristik data. |
| <i>Time Series</i>                    | : | Data yang diperoleh dalam jangka waktu yang ditentukan.  |

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **2.1 Prediksi dalam Analisis Data**

Prediksi adalah proses memperkirakan suatu kejadian di masa depan berdasarkan informasi yang telah ada dan pola historis yang terbentuk (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Dalam berbagai bidang, prediksi digunakan untuk membantu dalam mengambil sebuah keputusan, seperti memperkirakan kondisi ekonomi, cuaca, atau tren pasar. Dengan memahami pola dari data sebelumnya, seseorang dapat membuat perkiraan yang lebih terarah dan mengurangi ketidakpastian dalam perencanaan masa depan.

Metode prediksi berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan analisis data. Pendekatan sederhana seperti melihat tren masa lalu masih digunakan, tetapi kini telah banyak dikembangkan teknik yang lebih kompleks, seperti penggunaan model matematika dan kecerdasan buatan. Meskipun prediksi dapat memberikan gambaran masa depan, hasilnya tidak selalu sepenuhnya akurat. Berbagai faktor, seperti perubahan kondisi yang tidak terduga atau keterbatasan data, dapat memengaruhi akurasi prediksi. Oleh karena itu, prediksi sebaiknya digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan dan bukan sebagai kepastian mutlak.

##### **2.1.1 Pengertian Prediksi**

Prediksi adalah usaha untuk memproyeksikan nilai suatu variabel di masa yang akan datang berdasarkan data historis yang tersedia (Novalyn dkk., 2018).

Analoginya, prediksi memberikan gambaran singkat tentang apa yang mungkin terjadi selanjutnya. Hyndman & Athanasopoulos (2018) menjelaskan bahwa prediksi berarti meramalkan masa depan seakurat mungkin, dengan mempertimbangkan semua informasi yang tersedia, termasuk data historis dan pengetahuan tentang kejadian masa depan yang mungkin memengaruhi ramalan. Prediksi sangat berguna dalam banyak bidang, terutama dalam sektor ekonomi dan bisnis. Hal tersebut dikarenakan dapat membantu perusahaan dan individu dalam memitigasi ketidakpastian serta membuat keputusan yang lebih terinformasi. Hyndman & Athanasopoulos (2018) menyatakan bahwa suatu organisasi perlu mengembangkan sistem prediksi yang melibatkan beberapa pendekatan untuk memprediksi kejadian yang tidak pasti. Sistem tersebut memerlukan pengembangan keahlian dalam mengidentifikasi masalah peramalan, menerapkan berbagai metode peramalan, memilih metode yang tepat untuk setiap masalah, dan mengevaluasi serta menyempurnakan metode peramalan dari waktu ke waktu.

Metode prediksi beragam, mulai dari perkiraan sederhana hingga pendekatan ilmiah yang kompleks. Meskipun tidak selalu akurat, prediksi sangat berperan dalam berbagai bidang, termasuk perencanaan bisnis, prakiraan cuaca, dan penelitian ilmiah. Menurut Makridakis dkk. (1998), tujuan utama prediksi atau peramalan adalah untuk meminimalkan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, terutama dalam lingkungan bisnis yang memerlukan informasi akurat untuk strategi jangka panjang. Dalam penelitian, prediksi bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih baik mengenai fenomena yang diteliti.

### **2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Prediksi**

Keakuratan prediksi sangat dipengaruhi oleh kualitas data yang digunakan. Data yang tidak lengkap, mengandung kesalahan, atau kurang relevan dapat menyebabkan hasil prediksi yang tidak akurat. Dengan demikian, penting untuk memastikan bahwa data yang dianalisis memiliki tingkat keandalan yang tinggi. Selain itu, pemilihan metode prediksi juga berperan dalam menentukan ketepatan hasil. Setiap metode memiliki pendekatan yang berbeda, dan tidak semua metode cocok untuk setiap jenis data. Pemilihan metode yang tepat dapat membantu mengidentifikasi pola yang lebih akurat dalam data historis (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).

Selain faktor teknis, perubahan kondisi di dunia nyata juga memengaruhi hasil prediksi. Perubahan tren, faktor ekonomi, atau kejadian tak terduga dapat membuat hasil prediksi menjadi kurang relevan dengan situasi sebenarnya. Oleh karena itu, meskipun prediksi dapat menjadi alat bantu dalam pengambilan keputusan, tetap diperlukan pemantauan dan penyesuaian agar hasil prediksi tetap sesuai dengan perkembangan terbaru.

## **2.2 *Time Series* dan *Fuzzy Time Series* dalam Prediksi Data**

Salah satu metode yang sering digunakan adalah *Time Series*, yang menganalisis pola historis untuk mengidentifikasi tren dan fluktuasi di masa depan. Pendekatan ini telah terbukti efektif dalam menangani data dengan pola yang terstruktur, tetapi memiliki keterbatasan ketika diterapkan pada data yang bersifat non-linier dan mengandung banyak ketidakpastian (Box dkk., 2015). Sebagai alternatif, *Fuzzy Time Series* (FTS) dikembangkan untuk mengatasi permasalahan

tersebut dengan menerapkan konsep logika *fuzzy*. FTS mampu menangani ketidakpastian dalam data dengan mengubah nilai numerik menjadi variabel linguistik, sehingga lebih fleksibel dibandingkan metode time series konvensional. Hal ini menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk data yang tidak memiliki pola yang jelas atau tidak mengikuti distribusi statistik tertentu (Song & Chissom, 1993).

Dalam perkembangannya, berbagai metode telah dikombinasikan dengan FTS untuk meningkatkan akurasi prediksi. Penggunaan teknik ini semakin luas dalam berbagai bidang, termasuk prediksi harga komoditas dan cuaca. Oleh karena itu, pemahaman tentang *Time Series* dan *Fuzzy Time Series* menjadi penting dalam penelitian prediksi data, terutama dalam konteks yang membutuhkan adaptasi terhadap pola yang tidak pasti.

### **2.2.1 *Time Series***

*Time series* merupakan teknik statistik yang bertujuan untuk melakukan prediksi struktur probabilistik dari kejadian yang akan datang sebagai dasar pengambilan keputusan (Aswi & Sukarna, 2006). Brockwell & Davis (2016) menjelaskan bahwa *time series* adalah sekumpulan pengamatan  $X$  yang masing-masing dicatat pada waktu tertentu. Pada analisis *time series*, data diamati dalam urutan waktu tertentu. Kemudian, model dibuat dengan memanfaatkan pola-pola yang telah terbentuk dari data historis untuk memprediksi nilai di masa depan. Data *time series* adalah data dari satu objek yang meliputi beberapa rentang waktu, seperti data yang diperoleh harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan lainnya (Aswi & Sukarna, 2006).

Penerapan *time series* sangat luas, mulai dari keuangan, ekonomi, produksi, cuaca, hingga manajemen persediaan, di mana prediksi yang akurat sangat penting untuk mendukung perencanaan yang efektif. Dalam bidang ekonomi, misalnya, analisis *time series* digunakan untuk memproyeksikan perubahan harga komoditas dan indeks pasar, sehingga memungkinkan investor untuk membuat keputusan berdasarkan tren yang telah teridentifikasi. Sementara itu, dalam cuaca, *time series* digunakan untuk memprediksi kondisi cuaca atau iklim yang sangat bermanfaat bagi sektor pertanian dan transportasi (Makridakis dkk., 1998). *Time series* juga memiliki peran penting dalam bidang kesehatan, di mana analisis deret waktu digunakan untuk memantau dan memprediksi tren penyebaran penyakit, membantu pihak terkait dalam merencanakan sumber daya dan strategi penanganan. Teknik *time series* menjadi alat yang esensial dalam pengambilan keputusan strategis dan memungkinkan organisasi untuk bersikap lebih proaktif dalam menghadapi perubahan yang dinamis dan tidak terduga.

### **2.2.2 Fuzzy Time Series**

*Fuzzy Time Series* pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada awal 1990-an sebagai alternatif untuk memodelkan data deret waktu yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi, seperti dalam bidang ekonomi, meteorologi, atau finansial. Metode ini dapat menangani data dengan fluktuasi tinggi dan lebih fleksibel untuk data *time series* yang tidak linear. Selain itu, FTS mampu memodelkan ketidakpastian dengan baik melalui himpunan *fuzzy*.

Song & Chissom (1993) menyebutkan bahwa *Fuzzy Time Series* (FTS) didefinisikan sebagai berikut:

**Definisi:** Misalkan  $Y(t) \in \mathbb{R}$ , dengan  $t = 0, 1, 2, \dots$ , menjadi *time series*. Jika  $\mu_i(t)$  adalah himpunan *fuzzy* dalam  $Y(t)$  dan  $F(t) = \mu_i(t)$  dengan  $i = 1, 2, \dots$ , maka  $F(t)$  disebut sebagai FTS pada  $Y(t)$ .

Song & Chissom (1993) juga menjelaskan prosedur yang digunakan dalam memecahkan permasalahan tentang metode FTS:

1. Menentukan semesta pembicaraan  $U$  menggunakan data minimum ( $D_{min}$ ) dan maksimum ( $D_{max}$ ) dari data historis. Semesta  $U$  didefinisikan sebagai berikut:

$$[D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \quad (2.1)$$

di mana

$D_1, D_2$ : Bilangan positif.

2. Memecah semesta  $U$  ke dalam sejumlah interval yang sama besar. Untuk membentuk interval perlu mencari panjang interval ( $\ell$ ) menggunakan rumus.

$$\ell = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (2.2)$$

Kemudian setiap interval ditentukan melalui perhitungan  $u_i = [D_{min} + (i - 1) \times \ell; D_{min} + i \times \ell]$  dengan  $i$  merupakan nomor urut interval.

3. Menetapkan himpunan *fuzzy* dari semesta  $U$  dan menerapkan proses fuzzifikasi pada data historis yang dianalisis.

Misalkan  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_k$  merupakan himpunan *fuzzy* yang mewakili nilai linguistik dari suatu variabel. Himpunan *fuzzy*  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_k$  didefinisikan seperti Persamaan (2.3).

$$\begin{aligned}
\tilde{A}_1 &= a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \cdots + a_{1m}/u_m \\
\tilde{A}_2 &= a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \cdots + a_{2m}/u_m \\
&\vdots \\
\tilde{A}_k &= a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \cdots + a_{km}/u_m
\end{aligned} \tag{2.3}$$

Pada himpunan *fuzzy*  $A_i$ , nilai  $a_{ij}$  berada dalam rentang  $[0,1]$ , dengan  $1 \leq i \leq k$  dan  $1 \leq j \leq m$ . Nilai  $a_{ij}$  merepresentasikan derajat keanggotaan dari  $u_j$  dalam himpunan fuzzy  $\tilde{A}_i$ .

4. Melakukan fuzzifikasi data historis dengan mengonversi data menjadi nilai linguistik berdasarkan interval yang telah ditetapkan. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menemukan kumpulan *fuzzy* yang sebanding dengan setiap data yang dimasukkan.
5. Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR) untuk seluruh data. Jika nilai pada waktu ke- $t - 1$  dinyatakan dalam himpunan fuzzy  $\tilde{A}_i$  dan nilai pada waktu ke- $t$  dinyatakan dalam himpunan fuzzy  $\tilde{A}_j$ , maka FLR dinyatakan sebagai  $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j$ .
6. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) dengan mengelompokkan relasi *fuzzy* (FLR). Jika terdapat dua relasi *fuzzy* yang sama, seperti  $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j$  dan  $\tilde{A}_{i1} \rightarrow \tilde{A}_{j1}$ , di mana  $\tilde{A}_i$  dan  $\tilde{A}_j$  adalah himpunan *fuzzy* yang mewakili nilai linguistik dari suatu variabel, maka hanya satu yang dipertahankan. Namun, jika  $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j$ ,  $\tilde{A}_{i1} \rightarrow \tilde{A}_{j1}$  berbeda, maka keduanya digabungkan menjadi  $\tilde{A}_i \rightarrow \tilde{A}_j, \tilde{A}_{i1}$ .

Prosedur FTS tersebut mendukung fleksibilitas dalam berbagai domain aplikasi, seperti prediksi harga komoditas, cuaca, dan ekonomi, di mana pola

data seringkali berubah-ubah. Metode *Fuzzy Time Series* dapat memberikan hasil yang lebih optimal pada kasus data *time series* yang kompleks, termasuk dalam memprediksi variabel yang sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor ketidakpastian tinggi. Hal ini membuka peluang besar bagi FTS untuk diterapkan dalam berbagai bidang penelitian modern yang memerlukan analisis prediktif yang akurat dan andal.

### **2.2.3 Perbedaan *Time Series* dan *Fuzzy Time Series***

Brockwell & Davis (2016) menjelaskan bahwa *time series* dalam statistika adalah rangkaian data yang diukur atau diamati secara berurutan dalam interval waktu tertentu, seperti harian, bulanan, atau tahunan. Data ini bersifat deterministik, artinya setiap pengamatan adalah nilai yang pasti dan numerik. Analisis *time series* konvensional menggunakan metode seperti ARIMA, *Exponential Smoothing*, dan dekomposisi musiman, dengan asumsi bahwa pola historis dari data dapat memprediksi masa depan secara akurat. Pendekatan ini cocok untuk data yang memiliki hubungan linier antar variabel dan cenderung stabil tanpa banyak ketidakpastian.

Song & Chissom (1993) juga menjelaskan bahwa *fuzzy time series* adalah bentuk pengembangan dari *time series* yang menggunakan konsep *fuzzy logic* untuk mengatasi ketidakpastian atau ambiguitas pada data. Metode ini efektif untuk data yang tidak deterministik dan sulit diukur dengan nilai pasti, misalnya, data yang memiliki karakteristik kabur atau tidak jelas. Pada *fuzzy time series*, pengamatan direpresentasikan sebagai derajat keanggotaan *fuzzy*, dan prediksi dibuat menggunakan aturan *fuzzy* yang mempertimbangkan hubungan non-linier

antara status di masa lalu, saat ini, dan masa yang akan datang. Model ini lebih fleksibel dalam menangani data dengan ketidakpastian, sehingga sering digunakan dalam bidang-bidang seperti prediksi permintaan energi, pendaftaran siswa, atau data ekonomi yang mengandung ketidakpastian tinggi.

Perbedaan antara *time series* dan *fuzzy time series* dapat lebih dipahami dengan melihat tabel perbandingannya berdasarkan beberapa aspek utama:

**Tabel 2.1** Perbedaan *Time Series* dan *Fuzzy Time Series*

Aspek	<i>Time Series</i>	<i>Fuzzy Time Series</i>
Pendekatan	Menggunakan data deterministik, fokus pada pola historis data	Menggunakan data deterministik, fokus pada pola historis data
Jenis Data	Data numerik yang pasti	Data yang tidak deterministik, direpresentasikan dengan derajat keanggotaan <i>fuzzy</i>
Metode Analisis	ARIMA, Exponential Smoothing, Seasonal Decomposition, dll.	Menggunakan aturan <i>fuzzy</i> dan hubungan antar status <i>fuzzy</i>
Karakteristik	Linearitas, mengasumsikan pola historis yang jelas	Non-linier, lebih fleksibel dalam menghadapi ketidakpastian data
Aplikasi	Prediksi harga saham, penjualan bulanan, data ekonomi	Prediksi permintaan listrik, jumlah siswa, situasi dengan ketidakpastian tinggi
Kelebihan	Cocok untuk data yang stabil dan terukur dengan baik	Cocok untuk data yang ambigu, sulit diukur secara pasti
Kekurangan	Sulit menangani ketidakpastian atau data kabur	Membutuhkan proses yang lebih kompleks untuk menentukan aturan <i>fuzzy</i>

Melalui analisis perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa *time series* konvensional lebih sesuai untuk data yang stabil dan bersifat deterministik, sedangkan *fuzzy time series* menawarkan tingkat fleksibilitas yang cenderung lebih tinggi dalam mengelola data yang ambigu atau penuh ketidakpastian.

#### 2.2.4 *Fuzzy Time Series Cheng*

Metode ini dikembangkan oleh Cheng K. M. pada tahun 1996 dan telah diterapkan dalam berbagai bidang, seperti keuangan, ekonomi, dan lingkungan. Penentuan interval dalam metode *Cheng* memiliki pendekatan yang berbeda dibandingkan metode lainnya. Metode ini memanfaatkan relasi logika *fuzzy* atau FLR dengan mempertimbangkan setiap hubungan, serta mengalokasikan bobot berdasarkan urutan dan frekuensi kemunculan FLR yang sejenis. Selain itu, metode ini melakukan penyesuaian prediksi secara dinamis untuk meningkatkan akurasi. Prosedur dalam memecahkan permasalahan FTSC terdiri dari penggabungan langkah-langkah FTS dan metode *Cheng*. Cheng dkk. (2008) menyebutkan beberapa prosedur yang dilakukan setelah langkah-langkah FTS:

1. Menetapkan bobot pada setiap FLRG yang telah didapat pada langkah sebelumnya. Kemudian, bobot tersebut diubah menjadi bentuk matriks pembobotan yang telah dinormalisasi dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 W_n(t) &= [W'_1, W'_2, \dots, W'_k] \\
 &= \left[ \frac{w_1}{\sum_{j=1}^k w_j}, \frac{w_2}{\sum_{j=1}^k w_j}, \dots, \frac{w_k}{\sum_{j=1}^k w_j} \right]
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

Keterangan:

$W_n(t)$ : Matriks bobot yang dinormalisasi pada waktu  $t$ ,

$W'_k$  : Bobot hasil normalisasi untuk variabel *fuzzy* ke- $k$ ,

$w_k$  : Bobot asli ke- $k$  sebelum normalisasi,

$w_j$  : Bobot asli ke- $j$  sebelum normalisasi,  $j = 1, 2, \dots, k$ .

2. Hitung nilai perkiraan dari langkah sebelumnya untuk memperoleh matriks bobot standar. Nilai perkiraan dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F(t) = L_{df}(t - 1) \cdot W_n(t - 1) \quad (2.5)$$

Keterangan

$F(t)$  : Nilai perkiraan pada waktu  $t$ ,

$L_{df}(t - 1)$  : Matriks defuzzifikasi pada waktu  $t - 1$ ,

$W_n(t - 1)$  : Matriks bobot pada waktu  $t - 1$ .

3. Gunakan metode peramalan adaptif untuk menghasilkan prediksi yang akurat. Nilai peramalan adaptif ( $\hat{Y}(t)$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\hat{Y}(t) = Y(t - 1) + \beta(F(t) - Y(t - 1)) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$Y(t - 1)$ : Data yang diamati pada waktu  $t - 1$ ,

$F(t)$  : Nilai perkiraan waktu  $t$  pada persamaan (2.14)

$\beta$  : Faktor pembobotan dalam kisaran nilai  $[0,001,1]$ .

### 2.2.5 Penerapan *Fuzzy Time Series* Orde Tinggi (Orde Dua)

*Fuzzy Time Series* orde dua merupakan pengembangan dari metode *Fuzzy Time Series* klasik yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam peramalan data deret waktu. Model orde dua ini pertama kali diperkenalkan oleh Chen pada

tahun 2002 dengan menggunakan dua data historis sebelumnya sebagai dasar pembentukan relasi logika fuzzy (*Fuzzy Logical Relationship* atau FLR). Perhitungan dalam metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua mengikuti langkah-langkah umum FTS, yaitu menentukan himpunan fuzzy, melakukan fuzzifikasi data, membentuk FLR dan FLRG, serta melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai prediksi. Namun, yang membedakan dari metode orde satu terletak pada proses pembentukan FLR.

Pada orde dua, FLR dibentuk berdasarkan dua nilai observasi sebelumnya, yaitu  $F(t - 1)$  dan  $F(t - 2)$  untuk memprediksi nilai  $F(t)$ . Secara umum, relasi fuzzy dalam orde dua dituliskan sebagai  $\tilde{A}_i, \tilde{A}_j \rightarrow \tilde{A}_k$  yang berarti bahwa jika nilai pada waktu ke- $t - 2$  adalah  $\tilde{A}_i$  dan nilai pada waktu ke- $t - 1$  adalah  $\tilde{A}_j$ , maka nilai pada waktu ke- $t$  diprediksi sebagai  $\tilde{A}_k$ . Kelompok relasi yang memiliki premis yang sama kemudian dikelompokkan ke dalam *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).

Penggunaan dua data historis dalam orde dua memungkinkan model untuk menangkap pola pergerakan nilai yang lebih kompleks dibandingkan model orde satu. Menurut Chen (2002), penggunaan metode FTS orde dua dapat memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dibandingkan metode FTS orde satu, terutama pada data yang memiliki kecenderungan pola jangka pendek.

### 2.3 Akurasi dan *Error* dalam Prediksi

Dalam analisis prediksi, akurasi dan *error* merupakan dua aspek utama yang digunakan untuk menilai sejauh mana hasil prediksi mendekati nilai aktual. Akurasi menunjukkan seberapa baik suatu model dalam menghasilkan prediksi yang benar,

sedangkan *error* mengukur sejauh mana prediksi tersebut menyimpang dari nilai yang sebenarnya (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Pemahaman mengenai akurasi dan *error* sangat penting dalam pemilihan model prediksi yang tepat, terutama dalam bidang ekonomi dan pertanian, seperti prediksi harga bawang merah.

Tingkat akurasi yang tinggi dalam prediksi sangat diharapkan karena dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat. Misalnya, dalam konteks prediksi harga komoditas, akurasi yang baik memungkinkan petani dan pedagang merencanakan strategi bisnis yang lebih efektif. Namun, tidak ada model yang bisa menghasilkan prediksi dengan akurasi 100% karena data historis seringkali mengandung faktor ketidakpastian yang sulit diprediksi, seperti perubahan iklim atau kebijakan pemerintah (Makridakis dkk., 1998). Oleh karena itu, selain meningkatkan akurasi, penting juga untuk memahami tingkat *error* yang dihasilkan oleh suatu model.

### **2.3.1 Pengertian Akurasi dan *Error***

Akurasi dalam prediksi mengacu pada seberapa dekat hasil prediksi dengan nilai sebenarnya. Dalam banyak studi, akurasi sering diukur menggunakan rasio antara jumlah prediksi yang benar dengan total prediksi yang dilakukan (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Dalam konteks prediksi harga bawang merah, akurasi yang tinggi berarti model prediksi mampu menghasilkan estimasi harga yang mendekati harga pasar sesungguhnya. Pentingnya akurasi dalam prediksi tidak hanya terbatas pada aspek keandalan hasil, tetapi juga dalam meningkatkan efektivitas keputusan yang diambil berdasarkan prediksi

tersebut. Jika model memiliki akurasi yang rendah, maka keputusan yang diambil oleh petani atau pedagang bisa salah sehingga mengakibatkan kerugian finansial (Makridakis dkk., 1998).

Pengertian *Error* dalam prediksi merupakan selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual yang terjadi di dunia nyata. *Error* ini dapat muncul karena berbagai alasan, seperti kesalahan dalam pengumpulan data, ketidakpastian dalam variabel yang digunakan, atau keterbatasan model dalam menangkap pola data yang kompleks (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Dalam analisis prediksi, semakin kecil nilai *error*, semakin baik performa model yang digunakan. *Error* dalam prediksi dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, seperti *error* sistematis dan *error* acak. *Error* sistematis terjadi ketika terdapat pola kesalahan yang berulang dalam model, yang biasanya disebabkan oleh asumsi yang salah atau ketidaksesuaian model dengan data yang digunakan. Sementara itu, *error* acak adalah kesalahan yang tidak memiliki pola tertentu dan sering kali berasal dari faktor eksternal yang sulit dikendalikan, seperti perubahan kebijakan atau faktor cuaca (Makridakis dkk., 1998).

### **2.3.2 Metode Evaluasi *Error***

Evaluasi *error* dalam prediksi dilakukan dengan menggunakan berbagai metrik yang dapat mengukur sejauh mana hasil prediksi menyimpang dari nilai aktual. Dalam evaluasi model prediksi, berbagai metode digunakan untuk mengukur akurasi dan *error*, seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Semua model memiliki kelebihan dan kekurangan

masing-masing. Akan tetapi, pada penelitian ini akan digunakan evaluasi model menggunakan MAPE.

Menurut Tsaur (2012) dalam Faroh (2016), metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk mengevaluasi akurasi prediksi dengan cara membandingkan hasil prediksi dengan data aktual. MAPE menghitung rata-rata persentase perbedaan antara data aktual dan hasil prediksi. Perbandingan terhadap data *time series* yang dinyatakan dalam bentuk persentase menjadi nilai keakuratan. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menilai tingkat akurasi tersebut (Chiulli, 1999).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan:

$Y(t)$  : Nilai aktual pada waktu  $t$

$F'(t)$  : Nilai prediksi pada waktu  $t$

$n$  : Jumlah data

**Tabel 2.2** Kriteria Tingkat Akurasi MAPE

Kriteria Prediksi	Nilai MAPE
Tidak Akurat	>50%
Cukup Akurat	20%-50%
Baik	10%-20%
Sangat Baik	<10%

## 2.4 Komoditas Bawang Merah

Bawang merah (*Allium cepa var aggregatum*) adalah salah satu komoditas unggulan di sektor hortikultura yang memiliki potensi besar dalam memenuhi kebutuhan konsumsi nasional, meningkatkan pendapatan petani, serta memberikan

kontribusi pada devisa negara. Menurut Kementerian Pertanian (2022), bawang merah menjadi salah satu komoditas strategis karena memiliki kontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan dan ekonomi nasional. Sebagai bahan utama dalam berbagai masakan, bawang merah memiliki permintaan yang stabil sepanjang tahun. Akan tetapi, meskipun produksinya cukup luas, harga bawang merah sering mengalami fluktuasi yang signifikan, terutama akibat faktor musiman dan dinamika pasar.

Fluktuasi harga bawang merah menjadi perhatian utama bagi petani dan pemerintah, karena ketidakstabilan harga dapat berdampak pada kesejahteraan petani serta daya beli masyarakat. Ketika produksi berlimpah, harga cenderung turun drastis, sedangkan ketika terjadi gagal panen atau peningkatan permintaan, harga dapat melonjak tinggi. Selain itu, faktor distribusi dan infrastruktur juga berpengaruh terhadap harga bawang merah di berbagai wilayah, terutama di daerah yang memiliki keterbatasan akses pasar.

#### **2.4.1 Faktor yang Mempengaruhi Harga Bawang Merah**

Harga bawang merah dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berasal dari aspek produksi, distribusi, hingga permintaan pasar. Salah satu faktor utama adalah kondisi iklim dan cuaca, karena tanaman bawang merah sangat bergantung pada ketersediaan air dan kestabilan suhu. Pada musim hujan yang berkepanjangan, produksi dapat menurun akibat meningkatnya risiko serangan hama dan penyakit, sehingga harga bawang merah cenderung naik. Sebaliknya, pada musim kemarau yang panjang, hasil panen bisa melimpah tetapi berisiko mengalami penurunan kualitas akibat kurangnya pasokan air. Pada penelitian

yang dilakukan oleh Rahayu dkk. (2021), disebutkan bahwa “perubahan cuaca yang tidak menentu menjadi faktor utama yang memengaruhi kualitas dan kuantitas produksi bawang merah di Indonesia”. Perubahan iklim ini berisiko memperpendek masa produksi dan meningkatkan risiko serangan hama, yang pada akhirnya berujung pada berkurangnya pasokan di pasar.

Selain faktor iklim, ketersediaan stok dan distribusi juga memainkan peran penting dalam menentukan harga bawang merah. Gangguan dalam rantai pasok, seperti kenaikan harga bahan bakar, keterbatasan sarana transportasi, atau keterlambatan pengiriman, dapat menyebabkan harga melonjak di beberapa wilayah tertentu (Badan Pusat Statistik, 2022). Dari sisi permintaan, lonjakan harga bawang merah sering kali terjadi menjelang hari raya atau musim tertentu di mana konsumsi rumah tangga dan industri meningkat. Permintaan yang tinggi tanpa diimbangi oleh pasokan yang memadai akan menyebabkan kenaikan harga yang signifikan. Oleh karena itu, pemantauan harga dan analisis prediksi sangat penting untuk mengantisipasi perubahan harga yang tidak terduga, sehingga semua pihak yang terlibat dalam rantai pasok bawang merah dapat menyesuaikan strategi mereka dengan lebih baik.

#### **2.4.2 Pentingnya Prediksi Harga Bawang Merah**

Prediksi harga bawang merah memiliki peran yang sangat penting dalam pengambilan keputusan bagi petani, pedagang, dan pemerintah. Bagi petani, informasi tentang harga yang diprediksi dapat membantu mereka dalam menentukan waktu tanam yang paling menguntungkan. Jika harga bawang merah diperkirakan turun pada waktu panen, petani dapat menunda penanaman

atau memilih strategi lain untuk mengurangi risiko kerugian. Dengan adanya sistem prediksi yang lebih akurat, petani juga dapat mengoptimalkan penggunaan pupuk dan sumber daya lain guna meningkatkan efisiensi produksi.

Di sisi pedagang dan distributor, prediksi harga dapat membantu dalam mengelola stok dan merencanakan distribusi agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan pasokan. Dengan demikian, para pedagang dan distributor dapat mengatur strategi penyimpanan dan pengiriman untuk menghindari terjadinya kerugian. Adanya perkembangan teknologi, berbagai metode prediksi harga bawang merah telah dikembangkan, mulai dari model statistik hingga pendekatan berbasis kecerdasan buatan dan logika *fuzzy*. Metode berbasis *Fuzzy Time Series* telah banyak digunakan karena kemampuannya dalam menangani data deret waktu dengan pola yang tidak pasti dan kompleks (Song & Chissom, 1993). Dengan penerapan metode prediksi yang tepat, diharapkan fluktuasi harga bawang merah dapat dikendalikan dengan lebih baik, sehingga kesejahteraan petani dan kestabilan harga di pasar dapat terjaga.

## **2.5 Prediksi dalam Pandangan Islam**

Prediksi merupakan suatu kegiatan yang memperkirakan masa depan. Dalam Islam, prediksi atau perencanaan masa depan dianggap sebagai hal yang penting, selama tetap mengedepankan keyakinan bahwa semua keputusan akhir ada di tangan Allah SWT. Konsep ini bisa dikaitkan dengan pemahaman tentang kehati-hatian, persiapan, serta tanggung jawab terhadap masa depan yang dilandasi oleh keimanan dan amal shalih. Al-Qur'an memberikan banyak contoh mengenai pentingnya perencanaan yang matang, salah satunya dalam kisah Nabi Yusuf a.s.

Dalam Surah Yusuf ayat 47-49, Allah menggambarkan bagaimana Nabi Yusuf menafsirkan mimpi Raja Mesir sebagai tanda adanya siklus ekonomi berupa tujuh tahun masa subur dan tujuh tahun masa sulit. Nabi Yusuf tidak menafsirkan peristiwa tersebut tetapi memberikan solusi berupa strategi penyimpanan hasil pertanian agar masyarakat tetap memiliki persediaan makanan saat masa sulit datang. Allah SWT berfirman dalam Q.S Yusuf ayat 47-49 (Kementerian Agama, 2022b):

قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَابًّا فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلَّا قَلِيلًا مِّمَّا تَأْكُلُونَ ﴿٤٧﴾ ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ سَبْعٌ شِدَادٌ يَأْكُلْنَ مَا قَدَّمْتُمْ هُنَّ إِلَّا قَلِيلًا مِّمَّا تُحْصِنُونَ ﴿٤٨﴾ ثُمَّ يَأْتِي مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ عَامٌ فِيهِ يُعَاثُ النَّاسُ وَفِيهِ يَعْرِضُونَ ﴿٤٩﴾

*“(Yusuf) berkata, “Bercocoktanamlah kamu tujuh tahun berturut-turut! Kemudian apa yang kamu tuai, biarkanlah di tangkainya, kecuali sedikit untuk kamu makan. Kemudian, sesudah itu akan datang tujuh (tahun) yang sangat sulit (paceklik) yang menghabiskan apa yang kamu simpan untuk menghadapinya, kecuali sedikit dari apa (bibit gandum) yang kamu simpan. Setelah itu akan datang tahun, ketika manusia diberi hujan (dengan cukup) dan pada masa itu mereka memeras (anggur).” (QS. Yusuf: 47-49)*

Ayat ini mengajarkan pentingnya perencanaan ekonomi dan pengelolaan sumber daya yang bijak. Dalam *Tafsir Al-Qur'anul Majid* Jilid 3 karya Ash-Shiddieqy (2000), ayat ini ditafsirkan bahwa Nabi Yusuf tidak menjelaskan ta'bir mimpi mimpi raja, akan tetapi hanya memberikan strategi konkret untuk menghindari bencana yang disimbolisasikan dalam mimpi tersebut. Beliau menyarankan agar masyarakat tetap menanam gandum, sya'ir, dan tanaman lainnya secara terus-menerus selama tujuh tahun. Hasil panennya dianjurkan untuk disimpan dalam bulirnya agar tetap tahan lama, sementara hanya sedikit yang boleh dikonsumsi untuk kebutuhan sehari-hari. Selain itu, jeraminya juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Makna dari tujuh sapi gemuk dalam mimpi raja adalah tujuh tahun penuh keberkahan di mana hasil pertanian melimpah. Sebaliknya, tujuh sapi kurus menggambarkan tujuh tahun kemarau panjang yang akan melanda negeri, mengakibatkan tanaman tidak tumbuh dan hasil panen menurun drastis. Bulir gandum dalam mimpi tersebut melambangkan hasil tahunan yang harus dikelola dengan baik. Nabi Yusuf menasihati agar hasil panen selama tujuh tahun pertama disimpan dengan cermat agar dapat digunakan saat masa paceklik tiba, kecuali sedikit yang harus disisihkan untuk keperluan bibit tanaman di masa depan.

Setelah tujuh tahun penuh kesulitan berlalu, Allah memberikan pertolongan-Nya dengan menghadirkan kembali musim subur. Pada tahun itu, tanah kembali menghasilkan panen yang berlipat ganda, sehingga masyarakat dapat kembali menikmati hasil bumi dengan lebih leluasa. Mereka bisa memeras anggur, tebu, zaitun, dan hasil pertanian lainnya sebagai tanda bahwa masa kemarau telah berakhir dan kesejahteraan kembali pulih. Kisah ini mengajarkan pentingnya perencanaan, kesabaran, dan tawakal dalam menghadapi siklus kehidupan.

Dari ayat ini, dapat dipelajari bahwa memahami pola perubahan harga komoditas merupakan bagian dari strategi ekonomi yang cerdas. Kisah Nabi Yusuf menunjukkan bahwa perencanaan yang matang berdasarkan prediksi kondisi masa depan adalah tindakan yang sangat dianjurkan. Prediksi harga bawang merah menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua bertujuan untuk membantu petani dan pedagang dalam menentukan keputusan ekonomi yang lebih bijak, sebagaimana strategi yang dilakukan Nabi Yusuf dalam menghadapi ketidakpastian ekonomi di zamannya. Dari sini kita juga dapat belajar bahwa Islam mendorong manusia untuk melakukan perencanaan berbasis ilmu. Allah tidak

hanya menyuruh kita untuk berserah diri, tetapi juga berikhtiar dengan strategi yang tepat, sebagaimana tercermin dalam hadits (Al Albani, 2006):

حَدَّثَنَا عَمْرُو بْنُ عَلِيٍّ، حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ سَعِيدٍ الْقَطَّانُ، حَدَّثَنَا الْمُغِيرَةُ بْنُ أَبِي قُرَّةَ السَّدُوسِيُّ، قَالَ: سَمِعْتُ أَنَسَ بْنَ مَالِكٍ يَقُولُ: قَالَ رَجُلٌ: يَا رَسُولَ اللَّهِ! أَعْقُلُهَا وَأَتَوَكَّلُ، أَوْ أَطْلُقُهَا وَأَتَوَكَّلُ؟ قَالَ: اْعْمَلْهَا وَتَوَكَّلْ (رواه الترمذی)

*“Abu Hafsh Amr bin Ali menceritakan kepada kami, Yahya bin Sa’id Al Qaththan menceritakan kepada kami, Mughirah bin Abu Qurrah As-Sadusi menceritakan kepada kami, dia berkata, “Aku mendengar Anas bin Malik berkata, ‘Ada seorang pria berkata, ‘Wahai Rasulullah! sebaiknya aku ikatkan (unta ini) kemudian aku bertawakal, atau aku lepaskan saja lalu aku bertawakal?’ Beliau menjawab, ‘Ikatlah (unta itu) dan bertawakallah!’” (HR. Tirmidzi no. 2517)*

Hadits ini mengajarkan bahwa tawakal (berserah diri kepada Allah) harus didahului dengan usaha yang maksimal. Dalam konteks penelitian ini, prediksi harga bawang merah adalah bentuk "mengikat unta," yaitu melakukan usaha terbaik dengan metode ilmiah agar dapat memperoleh hasil yang lebih baik dalam perencanaan ekonomi. Setelah usaha dilakukan, barulah seseorang bertawakal kepada Allah atas hasil yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam Islam, ilmu dan ikhtiar merupakan bagian penting dari bentuk keimanan dan tanggung jawab terhadap hasil. Dalam firman Allah SWT yang lain, dijelaskan pula dalam QS. Al-Hasyr ayat 18 (Kementerian Agama, 2022c):

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۚ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ ﴿١٨﴾

*“Wahai orang-orang yang beriman! Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (masa depan), dan bertakwalah kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha Teliti terhadap apa yang kamu kerjakan.” (QS. Al-Hasyr:18)*

Ayat ini memerintahkan setiap individu untuk memperhatikan tindakan dan amal yang dilakukannya, mengingat masa depan, khususnya hari kiamat. Dalam *Tafsir Al-Qur’anul Majid An-Nur* Jilid 5 karya Ash-Shiddieqy (2000), ayat ini ditafsirkan sebagai dorongan bagi setiap orang untuk memeriksa amal yang telah

dilakukan demi akhirat, sehingga dapat memberi manfaat pada saat perhitungan amal. Setiap orang dianjurkan untuk mengevaluasi perbuatannya sebelum Allah SWT memperhitungkannya di akhirat. Meskipun konteks utama ayat ini adalah peringatan tentang persiapan menuju akhirat, esensinya juga mencakup ajaran penting Islam tentang perencanaan dan evaluasi dalam kehidupan.

Berdasarkan konteks prediksi dan perencanaan masa depan sehari-hari, ayat ini dapat dimaknai sebagai motivasi untuk melakukan persiapan yang baik dalam menghadapi masa depan. Islam mengajarkan umatnya untuk melakukan perencanaan yang matang, namun tetap bersandar pada kehendak Allah SWT (tawakkal). Dalam dunia prediksi, termasuk penelitian terhadap fluktuasi harga komoditas seperti bawang merah, perencanaan menjadi hal yang esensial untuk membantu masyarakat, namun tetap dilakukan dengan menyadari keterbatasan manusia dan bergantung pada kehendak Allah SWT. Dalam buku Shahih Sunan At-Tirmidzi (Al Albani, 2006) terdapat hadist sebagai berikut.

حَدَّثَنَا عَلِيُّ بْنُ سَعِيدٍ الْكِنْدِيُّ، حَدَّثَنَا ابْنُ الْمُبَارَكِ، عَنْ حَيَّوَةَ بْنِ شُرَيْحٍ، عَنْ بَكْرِ بْنِ عَمْرٍو، عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ هُبَيْرَةَ، عَنْ أَبِي تَمِيمٍ الْجَيْشَانِيِّ، عَنْ عُمَرَ بْنِ الْخَطَّابِ، قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ ﷺ: " لَوْ أَنَّكُمْ كُنْتُمْ تَوَكَّلُونَ عَلَى اللَّهِ حَقَّ تَوَكُّلِهِ لَرَزَقْتُمْ كَمَا يُرْزَقُ الطَّيْرُ، تَغْدُو خِمَاصًا، وَتَرْتَوِخُ بِطَانًا (رواه الترمذی)

*“Ali bin Sa’id Al-Kindi menceritakan kepada kami, Ibnu Al-Mubarak menceritakan kepada kami, dari Haiwah bin Syuraih, dari Bakar bin Amr, dari Abdullah bin Hubairah, dari Abu Tamim Al-Jaisyani, dari Umar bin Khattab, ia berkata, Rasulullah SAW bersabda: “Seandainya kalian bertawakal kepada Allah dengan sebenar-benar tawakal, niscaya kalian akan diberikan rezeki seperti burung yang diberikan rezeki. Ia (burung itu) pergi di pagi hari dalam keadaan perut kosong dan pulang sore hari dalam keadaan perut kenyang.” (HR. Tirmidzi no. 2344)*

Hadits ini mengajarkan bahwa meskipun bertawakal kepada Allah SWT itu penting, tetap ada kewajiban untuk berusaha, seperti burung yang pergi dari sarangnya untuk mencari makanan. Ini berarti, prediksi atau perencanaan tidak dilarang, tetapi harus dilakukan dengan tetap bersandar kepada kehendak Allah

SWT. Demikian pula, pelajaran tersebut sejalan dengan firman Allah SWT dalam Q.S Al-Qashash ayat 77 (Kementerian Agama, 2022d):

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ  
الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ ۗ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

*“Dan pergunakanlah apa yang telah diberikan oleh Allah untuk memperoleh negeri akhirat dan janganlah kamu melupakan peruntunganmu dari kesenangan dunia, dan berbuat baiklah kepada makhluk Allah, sebagaimana Allah telah berbuat kebajikan kepadamu, dan jangan pula mencari kerusakan di bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai para perusak.” (Q.S. Al-Qashash:77)*

Ayat ini menekankan pentingnya mencari kebaikan di akhirat dengan memanfaatkan anugerah Allah SWT, sembari tetap memperhatikan kebutuhan dan tanggung jawab di dunia. Dalam *Tafsir Al-Qur’anul Majid An-Nur* Jilid 4 karya Ash-Shiddieqy (2000), ayat ini ditafsirkan sebagai peringatan agar seseorang tidak menjauhkan diri dari kenikmatan dunia, seperti makanan, minuman, pakaian, dan tempat tinggal. Hal ini dikarenakan setiap individu memiliki tanggung jawab terhadap dirinya dan keluarganya. Sikap ideal yang diharapkan dalam menjalani kehidupan dunia adalah berusaha untuk dunia seolah akan hidup selamanya, dan beramal untuk akhirat seolah akan meninggal esok hari.

Berdasarkan konteks penelitian ini, usaha dalam perencanaan dan prediksi harga bawang merah adalah sejalan dengan prinsip Islam, di mana upaya ini mencerminkan usaha untuk menjaga keseimbangan antara dunia dan akhirat. Pemilihan metode yang lebih akurat, seperti *Fuzzy Time Series Cheng* (FTSC) orde dua, merupakan salah satu bentuk ikhtiar untuk memahami dan memprediksi fluktuasi harga. Dengan demikian, prediksi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, terutama dalam menjaga stabilitas ekonomi.

Selanjutnya, ayat ini juga dapat dimaknai sebagai dorongan untuk terus berinovasi dan mencari solusi terbaik dengan menggunakan pengetahuan yang

diberikan Allah SWT kepada manusia. Metode FTSC orde dua adalah bagian dari inovasi dalam dunia prediksi, dan penerapannya merupakan bentuk usaha manusia dalam memahami keadaan ekonomi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada aspek prediksi harga, tetapi juga mencerminkan nilai-nilai Islam yang mengedepankan keseimbangan antara usaha duniawi dan kepercayaan kepada ketetapan Allah SWT.

## 2.6 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Penelitian ini menggunakan metode FTSC orde dua untuk memprediksi harga bawang merah di Kota Singkawang. Tahapan awal meliputi deskripsi data yang digunakan serta pembuatan grafik *time series* untuk mengidentifikasi pola perubahan dalam data historis. Setelah itu, dilakukan interpretasi hasil plot tersebut sebagai dasar analisis.

Selanjutnya, penelitian ini menerapkan metode FTSC orde dua dengan tiga pendekatan pembagian interval yang berbeda, yaitu pembagian interval berdasarkan rumus *Sturges*, modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, dan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata. Masing-masing pendekatan digunakan untuk membentuk interval dan himpunan semesta  $U$ . Setelah interval ditentukan, langkah berikutnya adalah menetapkan himpunan *fuzzy* berdasarkan pembagian interval tersebut. Kemudian, dilakukan proses fuzzifikasi, yaitu mengubah data numerik historis menjadi bentuk linguistik sesuai dengan himpunan yang telah dibentuk. Setelah data historis difuzzifikasi, FLR dibentuk menggunakan orde dua untuk mengidentifikasi pola pergerakan data, dan FLRG disusun untuk menghasilkan kelompok hubungan logika *fuzzy*. Bobot ditetapkan

pada tiap FLRG, kemudian dinormalisasi agar distribusi bobotnya lebih seragam. Peramalan awal dihitung, dan dioptimalkan dengan metode adaptif untuk memperoleh hasil prediksi yang lebih akurat.

Setelah diperoleh hasil prediksi dari masing-masing pendekatan pembagian interval, hasil prediksi dibandingkan menggunakan metrik evaluasi, seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk menentukan metode yang lebih efektif dalam prediksi harga bawang merah berdasarkan tingkat kesalahan prediksi yang diperoleh. Metode yang memiliki MAPE lebih rendah dianggap lebih efektif karena menghasilkan prediksi yang lebih dekat dengan nilai aktual. Oleh karena itu, diperoleh kesimpulan tentang metode yang lebih akurat dalam konteks prediksi harga bawang merah.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini menerapkan pendekatan studi literatur dan metode deskriptif kuantitatif. Studi literatur adalah metode penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisis, dan mensintesis informasi dari berbagai sumber tertulis yang relevan dengan topik penelitian (Creswell, 2014). Studi literatur dilakukan untuk memahami perkembangan penelitian sebelumnya, mengidentifikasi celah penelitian, serta memberikan dasar teori dan landasan konseptual bagi penelitian yang sedang dilakukan. Sedangkan pendekatan deskriptif kuantitatif adalah metode penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan suatu fenomena berdasarkan data numerik yang dikumpulkan, dianalisis, dan diinterpretasikan secara statistik (Sugiyono, 2017). Metode ini digunakan untuk memberikan gambaran sistematis tentang suatu variabel atau fenomena yang diamati tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel yang diteliti. Kombinasi kedua pendekatan ini memungkinkan penelitian untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang topik penelitian dan menjawab pertanyaan penelitian secara komprehensif.

#### **3.2 Data dan Sumber Data**

Data dalam penelitian ini berupa data sekunder, yang diperoleh melalui pihak ketiga secara tidak langsung. Penelitian ini menggunakan data harga bawang merah di Kota Singkawang yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dengan

rentang waktu dari Januari 2019 hingga Desember 2023. Data ini tersedia dalam format Excel yang mencakup dua fitur utama. Fitur pertama adalah bulan, yang menunjukkan bulan dan tahun tertentu dalam periode pengamatan. Fitur kedua adalah harga bawang merah, yang merupakan harga jual per kilogram pada setiap bulan yang tercatat. Fitur-fitur ini dipilih karena harga bawang merah biasanya mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh faktor musiman, sehingga analisis dengan menggunakan FTSC orde dua akan berfokus pada pola perubahan harga berdasarkan data bulanan.

### **3.3 Instrumen Penelitian**

Proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dalam membantu mengolah data yang akan dianalisis.

### **3.4 Teknik Analisis Data**

Analisis data dalam penelitian ini memanfaatkan metode FTSC orde dua, dengan tahapan sebagai berikut.

1. Memvisualisasikan data historis dalam bentuk grafik untuk mengamati pola data.
2. Menjelaskan hasil grafik dari data historis untuk melihat fluktuasi data dari waktu ke waktu.
3. Menentukan himpunan semesta  $U$  sebagai rentang nilai pada data yang akan digunakan dalam analisis dengan menentukan batas bawah dan batas atas dari dataset historis.

4. Melakukan langkah prediksi FTSC orde dua berdasarkan pendekatan *Sturges*:
  - a. Membagi himpunan semesta  $U$  menjadi beberapa interval menggunakan rumus *Sturges*.
  - b. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan interval yang telah dibuat serta menentukan fungsi keanggotaan untuk setiap interval dalam bentuk derajat keanggotaan.
  - c. Melakukan fuzzifikasi data historis dengan mengonversi data menjadi nilai linguistik berdasarkan interval yang telah ditetapkan.
  - d. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*) orde dua untuk seluruh data yang ada berdasarkan dua waktu sebelumnya.
  - e. Membentuk FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*) dengan mengelompokkan relasi *fuzzy*.
  - f. Memberikan bobot pada setiap FLRG berdasarkan jumlah kemunculan pola dalam data historis.
  - g. Melakukan normalisasi bobot sehingga total bobot dari seluruh FLRG dalam satu kelompok berjumlah 1.
  - h. Menghitung estimasi awal untuk nilai prediksi menggunakan bobot yang telah dihitung dengan mengalikan matriks bobot yang telah dinormalisasi dengan matriks defuzzifikasi.
  - i. Melakukan modifikasi pada hasil peramalan menggunakan pendekatan adaptif yang memperhitungkan *error* dari prediksi sebelumnya untuk meningkatkan nilai akurasi.

5. Melakukan langkah prediksi FTSC orde dua berdasarkan pendekatan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat:
  - a. Membagi himpunan semesta  $U$  menjadi sejumlah interval awal (*Sturges*), lalu menetapkan subinterval tambahan secara bertingkat pada interval yang memiliki frekuensi lebih dari rata-rata frekuensi keseluruhan.
  - b. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan interval yang telah dibuat serta menentukan fungsi keanggotaan untuk setiap interval dalam bentuk derajat keanggotaan.
  - c. Melakukan fuzzifikasi data historis dengan mengonversi data menjadi nilai linguistik berdasarkan interval yang telah ditetapkan.
  - d. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*) orde dua untuk seluruh data yang ada berdasarkan dua waktu sebelumnya.
  - e. Membentuk FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*) dengan mengelompokkan relasi *fuzzy*.
  - f. Memberikan bobot pada setiap FLRG berdasarkan jumlah kemunculan pola dalam data historis.
  - g. Melakukan normalisasi bobot sehingga total bobot dari seluruh FLRG dalam satu kelompok berjumlah 1.
  - h. Menghitung estimasi awal untuk nilai prediksi menggunakan bobot yang telah dihitung dengan mengalikan matriks bobot yang telah dinormalisasi dengan matriks defuzzifikasi.
  - i. Melakukan modifikasi pada hasil peramalan menggunakan pendekatan adaptif yang memperhitungkan *error* dari prediksi sebelumnya untuk meningkatkan nilai akurasi.

6. Melakukan langkah prediksi FTSC orde dua berdasarkan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata:
  - a. Membagi himpunan semesta  $U$  menjadi sejumlah interval awal (*Sturges*), lalu menetapkan subinterval baru dengan jumlah data yang hampir sama pada setiap interval.
  - b. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan interval yang telah dibuat serta menentukan fungsi keanggotaan untuk setiap interval dalam bentuk derajat keanggotaan.
  - c. Melakukan fuzzifikasi data historis dengan mengonversi data menjadi nilai linguistik berdasarkan interval yang telah ditetapkan.
  - d. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*) orde dua untuk seluruh data yang ada berdasarkan dua waktu sebelumnya.
  - e. Membentuk FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*) dengan mengelompokkan relasi *fuzzy*.
  - f. Memberikan bobot pada setiap FLRG berdasarkan jumlah kemunculan pola dalam data historis.
  - g. Melakukan normalisasi bobot sehingga total bobot dari seluruh FLRG dalam satu kelompok berjumlah 1.
  - h. Menghitung estimasi awal untuk nilai prediksi menggunakan bobot yang telah dihitung dengan mengalikan matriks bobot yang telah dinormalisasi dengan matriks defuzzifikasi.
  - i. Melakukan modifikasi pada hasil peramalan menggunakan pendekatan adaptif yang memperhitungkan *error* dari prediksi sebelumnya untuk meningkatkan nilai akurasi.

7. Menghitung nilai akurasi dari hasil peramalan masing-masing pendekatan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan rumus persamaan:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\%$$

Keterangan:

$Y(t)$  : Nilai aktual pada waktu  $t$

$F'(t)$  : Nilai prediksi pada waktu  $t$

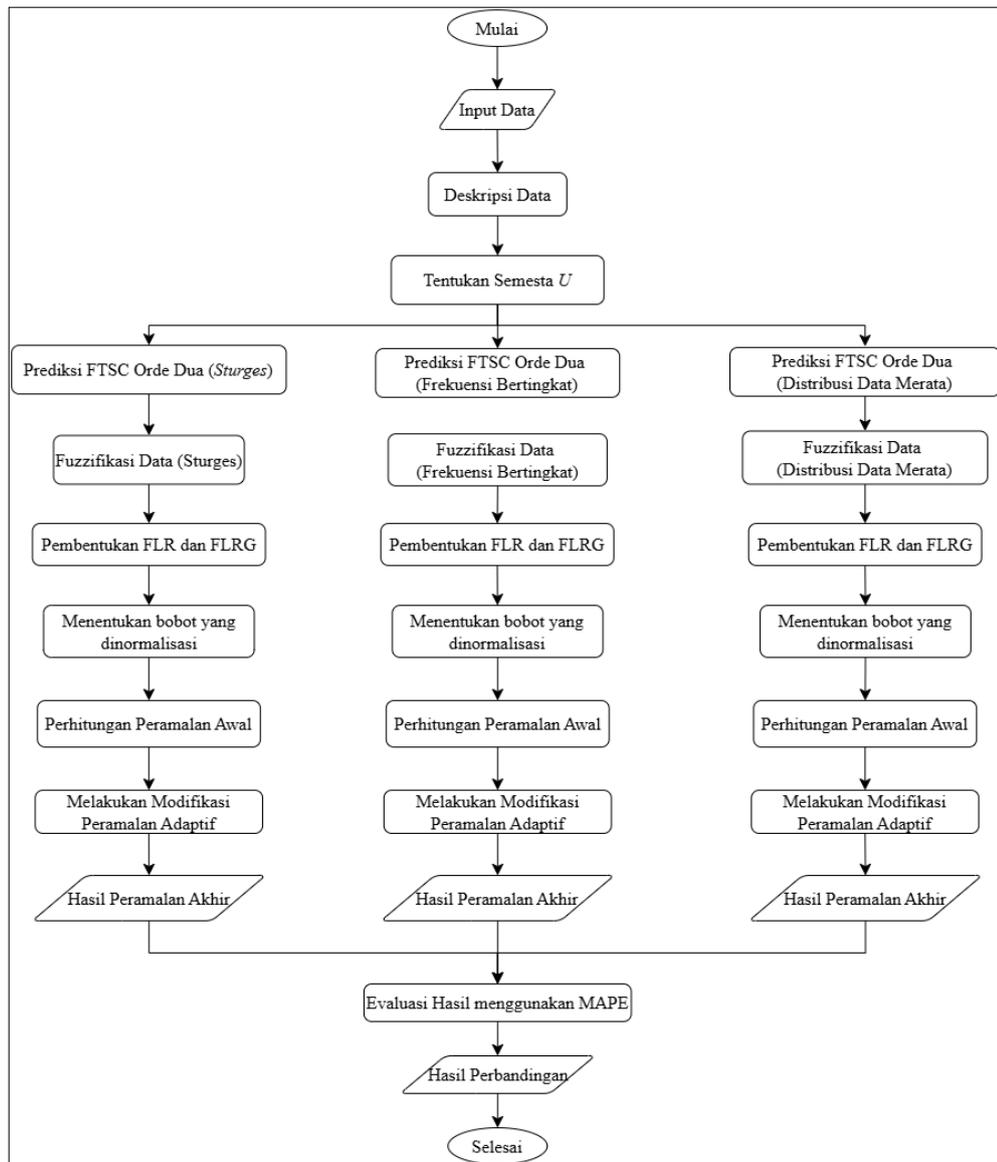
$n$  : Jumlah data

**Tabel 3.1** Kategori Tingkat Akurasi MAPE

Kriteria Prediksi	Nilai MAPE
Tidak Akurat	>50%
Cukup Akurat	20%-50%
Baik	10%-20%
Sangat Baik	<10%

8. Membandingkan hasil MAPE dari penerapan metode FTSC orde dua berdasarkan tiga pendekatan pembagian interval (*Sturges*, modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, dan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata) untuk menentukan pendekatan yang menghasilkan prediksi paling akurat.

### 3.5 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Deskriptif Data

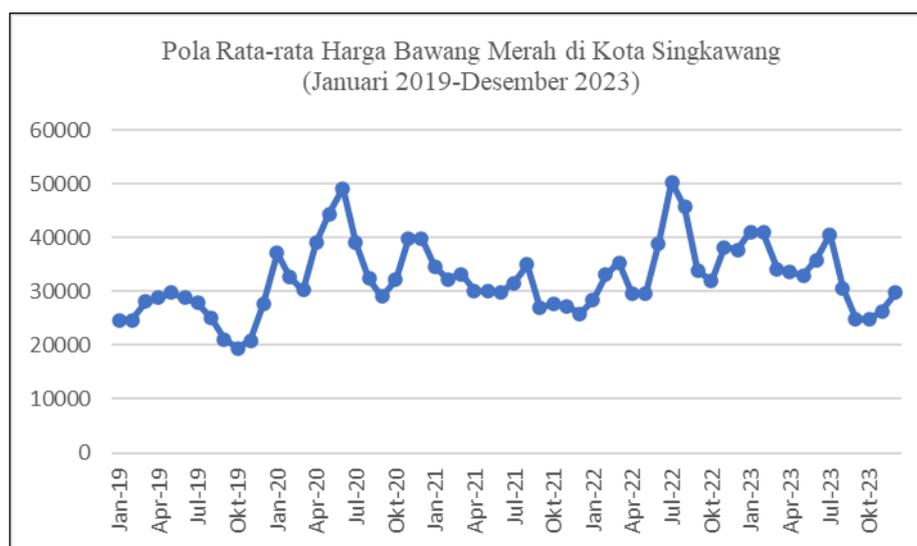
Dalam penelitian ini, metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua diterapkan pada data harga bawang merah di Kota Singkawang, yang diukur dalam Rp/kg. Data ini diambil dari situs web resmi Badan Pusat Statistik (BPS) yang ditampilkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Harga Bawang Merah di Kota Singkawang Tahun 2019-2023

<b>t</b>	<b>Bulan</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>t</b>	<b>Bulan</b>	<b>Harga (Rp)</b>
1	Januari 2019	24.566	31	Juli 2021	31.486
2	Februari 2019	24.625	32	Agustus 2021	35.000
3	Maret 2019	28.083	33	September 2021	26.914
4	April 2019	28.875	34	Oktober 2021	27.750
5	Mei 2019	29.733	35	November 2021	27.286
6	Juni 2019	28.833	36	Desember 2021	25.886
7	Juli 2019	27.917	37	Januari 2022	28.393
8	Agustus 2019	25.067	38	Februari 2022	33.107
9	September 2019	21.083	39	Maret 2022	35.400
10	Oktober 2019	19.458	40	April 2022	29.714
11	November 2019	20.867	41	Mei 2022	29.643
12	Desember 2019	27.583	42	Juni 2022	38.943
13	Januari 2020	37.133	43	Juli 2022	50.286
14	Februari 2020	32.625	44	Agustus 2022	45.750
15	Maret 2020	30.279	45	September 2022	33.971
16	April 2020	39.014	46	Oktober 2022	31.964
17	Mei 2020	44.345	47	November 2022	38.179
18	Juni 2020	49.124	48	Desember 2022	37.771

19	Juli 2020	39.067	49	Januari 2023	41.036
20	Agustus 2020	32.333	50	Februari 2023	40.893
21	September 2020	29.083	51	Maret 2023	34.171
22	Oktober 2020	32.200	52	April 2023	33.571
23	November 2020	39.833	53	Mei 2023	32.964
24	Desember 2020	39.867	54	Juni 2023	35.829
25	Januari 2021	34.607	55	Juli 2023	40.536
26	Februari 2021	32.321	56	Agustus 2023	30.657
27	Maret 2021	33.250	57	September 2023	24.964
28	April 2021	30.171	58	Oktober 2023	24.750
29	Mei 2021	30.071	59	November 2023	26.343
30	Juni 2021	29.857	60	Desember 2023	29.786

Tabel 4.1 menunjukkan data harga bawang merah di Kota Singkawang pada bulan Januari 2019 hingga Desember 2023, dengan  $t$  menunjukkan urutan data dalam analisis data. Berdasarkan tabel tersebut dapat diperoleh grafik yang menunjukkan pola data dari waktu ke waktu. Gambar 4.1 adalah grafik pola rata-rata harga bawang merah di Kota Singkawang berdasarkan Tabel 4.1.



**Gambar 4.1** Pola Harga Bawang Merah Kota Singkawang (2019-2023)

Gambar 4.1 menunjukkan grafik pola fluktuasi harga rata-rata bawang merah di Kota Singkawang dari Januari 2019 hingga Desember 2023. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan fluktuasi harga yang signifikan sepanjang periode tersebut. Harga tertinggi mendekati Rp. 50.000 terjadi pada pertengahan tahun 2020 dan pertengahan tahun 2022, yang kemungkinan disebabkan oleh peningkatan permintaan atau berkurangnya pasokan akibat musim tertentu. Sebaliknya, harga terendah terlihat di sekitar pertengahan tahun 2019, di mana harga mendekati Rp. 20.000, dan kembali menurun mendekati level tersebut pada pertengahan hingga akhir 2023. Hal ini menunjukkan adanya pola musiman yang cukup konsisten, di mana harga cenderung naik di pertengahan tahun dan turun menjelang akhir tahun.

#### **4.2 Penerapan FTSC Orde Dua Berdasarkan Pembagian Interval dengan Rumus *Sturges***

Metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua (FTSC orde dua) merupakan pengembangan dari metode FTSC standar yang mengakomodasi pengaruh dua periode sebelumnya dalam proses prediksi. Metode ini digunakan untuk memprediksi harga bawang merah di Kota Singkawang dengan mempertimbangkan dua periode sebelumnya dalam pembentukan relasi *fuzzy*. Pendekatan ini diharapkan mampu menangkap pola historis secara lebih detail dibandingkan metode orde satu, sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Keunggulan FTSC orde dua terletak pada kemampuannya mengenali ketergantungan waktu yang lebih kompleks dalam data deret waktu, terutama pada data yang memiliki fluktuasi tajam.

Dalam implementasinya, proses fuzzifikasi dilakukan menggunakan pembagian interval yang ditentukan melalui rumus *Sturges*. Jumlah interval yang diperoleh menjadi dasar dalam pembentukan himpunan *fuzzy* dan relasi logika *fuzzy* yang dibutuhkan untuk proses peramalan. Pada bagian berikutnya akan dijelaskan penerapan metode FTSC orde dua berdasarkan pembagian interval menggunakan rumus *Sturges*, mulai dari proses fuzzifikasi hingga peramalan akhir.

#### 4.2.1 Fuzzifikasi Data

Gambar 4.1 sebelumnya merupakan grafik pola data yang akan digunakan. Selanjutnya, menentukan himpunan semesta  $U$  yang mencakup rentang nilai data tersebut. Penentuan himpunan semesta ini menjadi dasar untuk proses pembentukan interval data yang akan digunakan dalam analisis *fuzzy time series*. Nilai himpunan semesta ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam proses pembentukan interval untuk setiap pendekatan yang diterapkan. Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh data terkecil ( $D_{min}$ ) pada bulan Oktober 2019 seharga Rp. 19.458 dan data terbesar ( $D_{max}$ ) pada bulan Juli 2022 seharga Rp. 50.286. Nilai yang digunakan yaitu  $D_1 = 0$  dan  $D_2 = 0$  untuk mempermudah dalam mempartisi himpunan semesta  $U$ . Sehingga dengan menggunakan persamaan 2.1, diperoleh himpunan semesta  $U$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned} U &= [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \\ &= [19.458 - 0; 50.286 + 0] \\ &= [19.458; 50.286] \end{aligned}$$

Kemudian himpunan semesta  $U$  dipartisi menjadi beberapa interval yang sama dengan menggunakan rumus *Sturges*, dengan  $n$  adalah jumlah interval yang terbentuk sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 n &= 1 + 3,322 \log N \\
 &= 1 + 3,322 \log 60 \\
 &= 1 + 3,322(1,778) \\
 &= 1 + 5,907 \\
 &= 6,907 \\
 &\approx 7
 \end{aligned}$$

Sehingga, dengan menggunakan persamaan 2.2 terdapat tujuh interval yang akan dicari nilai panjang interval ( $\ell$ ) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \ell &= \frac{[(D_{max}+D_2)-(D_{min}-D_1)]}{n} \\
 &= \frac{[(50.286+0)-(19.458-0)]}{7} \\
 &= \frac{[50.286-19.458]}{7} \\
 &= \frac{30.828}{7} \\
 &= 4.404
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai panjang interval ( $\ell$ ) sebesar 4404. Panjang interval ini digunakan untuk menghitung batas atas dan batas bawah masing-masing interval dengan  $i$  merupakan nomor urutan interval.

$$\begin{aligned}
 u_i &= [D_{min} + (i - 1) \times \ell; D_{min} + i \times \ell] \\
 u_1 &= [19.458 + 0; 19458 + 4.404] \\
 &= [19.458; 23862]
 \end{aligned}$$

Perhitungan interval  $u_2$  hingga  $u_7$  dihitung menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh nilai interval yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kemudian, mencari nilai tengah interval dengan cara menjumlahkan batas atas dan batas bawah, lalu membaginya dengan dua. Sehingga diperoleh pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Interval *Fuzzy* FTSC Orde Dua (*Sturges*)

Interval	Batas Atas	Batas Bawah	Nilai Tengah ( $m$ )
$u_1$	19.458	23.862	21.660
$u_2$	23.862	28.266	26.064
$u_3$	28.266	32.670	30.468
$u_4$	32.670	37.074	34.872
$u_5$	37.074	41.478	39.276
$u_6$	41.478	45.882	43.680
$u_7$	45.882	50.286	48.084

Setelah mendapatkan 7 interval yang sama dalam himpunan semesta  $U$ , selanjutnya ditentukan himpunan-himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta  $U$ . Himpunan *fuzzy* ini dibentuk menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga, di mana setiap himpunan *fuzzy* memiliki nilai keanggotaan maksimum di titik tengah intervalnya dan nilai keanggotaan menurun secara linear ke nol di kedua sisi interval. Sesuai dengan aturan derajat keanggotaan, himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\tilde{A}_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$\tilde{A}_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$\tilde{A}_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$\tilde{A}_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$\tilde{A}_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7$$

$$\tilde{A}_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7$$

$$\tilde{A}_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7$$

Kemudian dilakukan fuzzifikasi data historis harga bawang merah. Data historis diubah menjadi bentuk yang lebih kabur (*fuzzy*). Contohnya, data Januari 2019 ( $t = 1$ ) yang nilainya Rp 24.566 termasuk dalam rentang  $u_2 = [23.862, 28.266]$ . Berdasarkan kategori *fuzzy* yang dibuat pada langkah sebelumnya,  $u_2$  memiliki tingkat kecocokan tertinggi (1) dengan kategori  $\tilde{A}_2$ . Oleh karena itu, data Januari 2019 difuzzifikasi menjadi  $\tilde{A}_2$ . Tabel 4.3 adalah hasil fuzzifikasi data harga bawang merah yang diubah menjadi nilai linguistik.

**Tabel 4.3** Fuzzifikasi Data FTSC Orde Dua (*Sturges*)

t	Data Aktual	Nilai Linguistik	t	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	24.566	$\tilde{A}_2$	31	31.486	$\tilde{A}_3$
2	24.625	$\tilde{A}_2$	32	35.000	$\tilde{A}_4$
3	28.083	$\tilde{A}_2$	33	26.914	$\tilde{A}_2$
4	28.875	$\tilde{A}_3$	34	27.750	$\tilde{A}_2$
5	29.733	$\tilde{A}_3$	35	27.286	$\tilde{A}_2$
6	28.833	$\tilde{A}_3$	36	25.886	$\tilde{A}_2$
7	27.917	$\tilde{A}_2$	37	28.393	$\tilde{A}_3$
8	25.067	$\tilde{A}_2$	38	33.107	$\tilde{A}_4$
9	21.083	$\tilde{A}_1$	39	35.400	$\tilde{A}_4$
10	19.458	$\tilde{A}_1$	40	29.714	$\tilde{A}_3$
11	20.867	$\tilde{A}_1$	41	29.643	$\tilde{A}_3$

12	27.583	$\tilde{A}_2$	42	38.943	$\tilde{A}_5$
13	37.133	$\tilde{A}_5$	43	50.286	$\tilde{A}_7$
14	32.625	$\tilde{A}_3$	44	45.750	$\tilde{A}_6$
15	30.279	$\tilde{A}_3$	45	33.971	$\tilde{A}_4$
16	39.014	$\tilde{A}_5$	46	31.964	$\tilde{A}_3$
17	44.345	$\tilde{A}_6$	47	38.179	$\tilde{A}_5$
18	49.124	$\tilde{A}_7$	48	37.771	$\tilde{A}_5$
19	39.067	$\tilde{A}_5$	49	41.036	$\tilde{A}_5$
20	32.333	$\tilde{A}_3$	50	40.893	$\tilde{A}_5$
21	29.083	$\tilde{A}_3$	51	34.171	$\tilde{A}_4$
22	32.200	$\tilde{A}_3$	52	33.571	$\tilde{A}_4$
23	39.833	$\tilde{A}_5$	53	32.964	$\tilde{A}_4$
24	39.867	$\tilde{A}_5$	54	35.829	$\tilde{A}_4$
25	34.607	$\tilde{A}_4$	55	40.536	$\tilde{A}_5$
26	32.321	$\tilde{A}_3$	56	30.657	$\tilde{A}_3$
27	33.250	$\tilde{A}_4$	57	24.964	$\tilde{A}_2$
28	30.171	$\tilde{A}_3$	58	24.750	$\tilde{A}_2$
29	30.071	$\tilde{A}_3$	59	26.343	$\tilde{A}_2$
30	29.857	$\tilde{A}_3$	60	29.786	$\tilde{A}_3$

#### 4.2.2 Pembentukan FLR dan FLRG

Berdasarkan Tabel 4.3 sebelumnya, dapat ditentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) untuk seluruh data harga bawang merah. Misalkan data pertama adalah  $\tilde{A}_2$ , data kedua adalah  $\tilde{A}_2$ , dan data ketiga adalah  $\tilde{A}_2$ . Pada kasus ini, FLR yang terbentuk adalah  $\tilde{A}_2 \cdot \tilde{A}_2$  ke  $\tilde{A}_2$ . Tabel 4.4 menunjukkan tabel FLR untuk data harga bawang merah.

Tabel 4.4 FLR Data pada FTSC Orde Dua (*Sturges*)

$t$	Nilai Linguistik $t - 2$	Nilai Linguistik $t - 1$	Nilai Linguistik $t$	FLR
1	-	-	$\tilde{A}_2$	-
2	-	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	-
3	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
4	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_3$
5	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
6	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
7	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_2$
8	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
9	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_1$
10	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
11	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
12	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_2$
13	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_5$
14	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
15	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
16	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_5$
17	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_6$
18	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_7$
19	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_5$
20	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
21	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
22	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
23	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_5$
24	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_5$
25	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_4$

26	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3$
27	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_4$
28	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3$
29	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
30	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
31	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
32	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_4$
33	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_2$
34	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
35	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
36	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
37	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_3$
38	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_4$
39	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_4$
40	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3$
41	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
42	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_5$
43	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_7$
44	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_6$
45	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_4$
46	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3$
47	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_5$
48	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_5$
49	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_5$
50	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_5$
51	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_4$
52	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_4$
53	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_4$

54	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_4$
55	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_5$
56	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
57	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_2$
58	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
59	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
60	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_3$

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dibuat *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Berikut perolehan FLRG untuk data harga bawang merah:

**Tabel 4.5** FLRG pada FTSC Orde Dua (*Sturges*)

<b>Current State</b>	<b>Next State</b>	<b>FLRG</b>
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1, \tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_2$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_5$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_1, 4(\tilde{A}_2), 3(\tilde{A}_3)$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3, \tilde{A}_4$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_2) \rightarrow 2(\tilde{A}_2)$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2, \tilde{A}_3, \tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_2, 4(\tilde{A}_3), \tilde{A}_4, 3(\tilde{A}_5)$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_2, \tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_2, \tilde{A}_3, \tilde{A}_4$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5, \tilde{A}_6, \tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_5) \rightarrow 2(\tilde{A}_5), \tilde{A}_6, \tilde{A}_7$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_2$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_3) \rightarrow 2(\tilde{A}_3), \tilde{A}_4, \tilde{A}_5$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3, 2(\tilde{A}_4), \tilde{A}_5$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_5, \tilde{A}_3 \rightarrow \tilde{A}_2, 2(\tilde{A}_3)$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3, \tilde{A}_4$

$\tilde{A}_5, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow 2(\tilde{A}_4), 2(\tilde{A}_5)$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_7$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_6$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_3$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_5$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_4$

### 4.2.3 Penyusunan Matriks Pembobotan dan Normalisasi

Berdasarkan FLRG yang dibentuk pada Tabel 4.5, selanjutnya akan diberikan bobot di setiap FLRG yang terbentuk. Misalkan pada FLRG yang pertama terdiri dari  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$ ,  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$ . Dari FLR tersebut dapat dilihat bahwa nilai dari  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$  sebanyak 1 sehingga diberikan bobot 1, dan  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_2$  sebanyak 1 sehingga diberi bobot sebanyak 1. Dengan cara yang sama, maka dihasilkan pembobotan FLRG yang ditransfer dalam matriks berikut.

**Tabel 4.6** Matriks Pembobotan FTSC Orde Dua (*Sturges*)

$X(t-2,$ $t-1)$	$X(t)$						
	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	1	1	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_2$	0	0	0	0	1	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	1	4	3	0	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_3$	0	0	1	1	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_5$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_2$	0	2	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_3$	0	1	4	1	3	0	0

$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	0	1	1	1	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_5$	0	0	0	0	2	1	1
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_2$	0	1	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_3$	0	0	2	1	1	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_4$	0	0	1	2	1	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_3$	0	1	2	0	0	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_4$	0	0	1	1	0	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_5$	0	0	0	2	2	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	1
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_7$	0	0	0	0	0	1	0
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_4$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_7$	0	0	0	0	1	0	0
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_5$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_6$	0	0	0	1	0	0	0

Berdasarkan matriks pembobot tersebut, akan dibentuk matriks pembobot yang ternormalisasi berdasarkan persamaan (2.4).

$$W_n(3) = [W'_1, W'_2, W'_3]$$

$$= \left[ \frac{1}{8}, \frac{1}{2}, \frac{3}{8} \right]$$

Adapun hasil matriks pembobot ternormalisasi untuk seluruh FLRG ditunjukkan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Matriks Bobot Normalisasi FTSC Orde Dua (*Sturges*)

$X(t-2,$ $t-1)$	$X(t)$						
	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_2$	0	0	0	0	1	0	0

$\tilde{A}_2, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	0	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_3$	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_5$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_2$	0	2	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_3$	0	$\frac{1}{9}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3}$	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_5$	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_2$	0	1	0	0	0	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_3$	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_4$	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_3$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_4$	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_5$	0	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	1
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_7$	0	0	0	0	0	1	0
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_4$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_7$	0	0	0	0	1	0	0

$\tilde{A}_7, \tilde{A}_5$	0	0	1	0	0	0	0
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_6$	0	0	0	1	0	0	0

#### 4.2.4 Perhitungan Nilai Peramalan Awal dan Peramalan Adaptif

Menentukan nilai peramalan awal dilakukan dengan mengalikan matriks bobot yang telah dinormalisasi,  $W_n(t)$ , dari langkah sebelumnya dengan matriks defuzzifikasi  $L_{df}$ , sebagaimana dijelaskan dalam persamaan (2.5). Sebagai ilustrasi, untuk bulan Maret 2019 ( $t = 3$ ), data yang digunakan berasal dari bulan sebelumnya, yaitu Februari 2019 ( $t = 2$ ) dan Januari 2019 ( $t = 1$ ). Pada bulan tersebut, *state*  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$  mengalami transisi ke  $\tilde{A}_2$ . Berdasarkan FLRG yang terbentuk, yaitu  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_2$  nilai peramalan awal dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.5).

$$F(t) = L_{df}(t-2, t-1) \cdot W_n(t-2, t-1)$$

$$F(3) = L_{df}(1,2) \cdot W_n(1,2)$$

$$= [m_1 \quad m_2 \quad m_3] \begin{bmatrix} W'1 \\ W'2 \\ W'3 \end{bmatrix}$$

$$= [21.660 \quad 26.064 \quad 30.468] \begin{bmatrix} 1 \\ 8 \\ 2 \\ 3 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$= 2.707,5 + 13.032 + 11.425,5$$

$$= 27.165$$

Nilai peramalan awal dari data aktual dihitung menggunakan cara yang sama seperti perhitungan peramalan awal bulan Maret 2019. Sehingga diperoleh

hasil nilai taksiran awal untuk data rata-rata harga bawang merah di Kota Singkawang sebagai berikut:

**Tabel 4.8** Nilai Peramalan Awal FTSC Orde Dua (*Sturges*)

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $F(t)$	t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $F(t)$
1	Jan-19	24.566	-	31	Jul-21	31.486	33.404
2	Feb-19	24.625	-	32	Agu-21	35.000	33.404
3	Mar-19	28.083	27.165	33	Sep-21	26.914	30.468
4	Apr-19	28.875	27.165	34	Okt-21	27.750	26.064
5	Mei-19	29.733	32.670	35	Nov-21	27.286	27.165
6	Jun-19	28.833	33.404	36	Des-21	25.886	27.165
7	Jul-19	27.917	33.404	37	Jan-22	28.393	27.165
8	Agu-19	25.067	26.064	38	Feb-22	33.107	32.670
9	Sep-19	21.083	27.165	39	Mar-22	35.400	30.468
10	Okt-19	19.458	21.660	40	Apr-22	29.714	34.872
11	Nov-19	20.867	23.862	41	Mei-22	29.643	33.771
12	Des-19	27.583	23.862	42	Jun-22	38.943	33.404
13	Jan-20	37.133	39.276	43	Jul-22	50.286	42.579
14	Feb-20	32.625	30.468	44	Agu-22	45.750	43.680
15	Mar-20	30.279	29.000	45	Sep-22	33.971	34.872
16	Apr-20	39.014	33.404	46	Okt-22	31.964	30.468
17	Mei-20	44.345	42.579	47	Nov-22	38.179	33.771
18	Jun-20	49.124	48.084	48	Des-22	37.771	42.579
19	Jul-20	39.067	39.276	49	Jan-23	41.036	37.074
20	Agu-20	32.333	30.468	50	Feb-23	40.893	37.074
21	Sep-20	29.083	29.000	51	Mar-23	34.171	37.074
22	Okt-20	32.200	33.404	52	Apr-23	33.571	32.670
23	Nov-20	39.833	33.404	53	Mei-23	32.964	34.872
24	Des-20	39.867	42.579	54	Jun-23	35.829	34.872
25	Jan-21	34.607	37.074	55	Jul-23	40.536	34.872
26	Feb-21	32.321	32.670	56	Agu-23	30.657	30.468

27	Mar-21	33.250	33.771	57	Sep-23	24.964	29.000
28	Apr-21	30.171	30.468	58	Okt-23	24.750	26.064
29	Mei-21	30.071	33.771	59	Nov-23	26.343	27.165
30	Jun-21	29.857	33.404	60	Des-23	29.786	27.165

Selanjutnya memodifikasi peramalan dengan nilai peramalan adaptif untuk mendapatkan nilai taksiran terbaik menggunakan persamaan (2.6). Dalam hal ini, digunakan parameter ( $\beta$ ) terbaik yang diperoleh adalah 0,8. Berikut adalah tabel hasil perhitungan peramalan adaptif.

**Tabel 4.9** Peramalan Adaptif FTSC Orde Dua (*Sturges*)

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Adaptif	t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Adaptif
1	Jan-19	24.566	-	31	Jul-21	31.486	32.695
2	Feb-19	24.625	-	32	Agu-21	35.000	33.020
3	Mar-19	28.083	26.657	33	Sep-21	26.914	31.374
4	Apr-19	28.875	27.349	34	Okt-21	27.750	26.234
5	Mei-19	29.733	31.911	35	Nov-21	27.286	27.282
6	Jun-19	28.833	32.670	36	Des-21	25.886	27.189
7	Jul-19	27.917	32.490	37	Jan-22	28.393	26.909
8	Agu-19	25.067	26.435	38	Feb-22	33.107	31.815
9	Sep-19	21.083	26.745	39	Mar-22	35.400	30.996
10	Okt-19	19.458	21.545	40	Apr-22	29.714	34.978
11	Nov-19	20.867	22.981	41	Mei-22	29.643	32.960
12	Des-19	27.583	23.263	42	Jun-22	38.943	32.652
13	Jan-20	37.133	36.937	43	Jul-22	50.286	41.852
14	Feb-20	32.625	31.801	44	Agu-22	45.750	45.001
15	Mar-20	30.279	29.725	45	Sep-22	33.971	37.048
16	Apr-20	39.014	32.779	46	Okt-22	31.964	31.169
17	Mei-20	44.345	41.866	47	Nov-22	38.179	33.410
18	Jun-20	49.124	47.336	48	Des-22	37.771	41.699
19	Jul-20	39.067	41.246	49	Jan-23	41.036	37.213

20	Agu-20	32.333	32.188	50	Feb-23	40.893	37.866
21	Sep-20	29.083	29.667	51	Mar-23	34.171	37.838
22	Okt-20	32.200	32.540	52	Apr-23	33.571	32.970
23	Nov-20	39.833	33.163	53	Mei-23	32.964	34.612
24	Des-20	39.867	42.030	54	Jun-23	35.829	34.490
25	Jan-21	34.607	37.633	55	Jul-23	40.536	35.063
26	Feb-21	32.321	33.057	56	Agu-23	30.657	32.482
27	Mar-21	33.250	33.481	57	Sep-23	24.964	29.331
28	Apr-21	30.171	31.024	58	Okt-23	24.750	25.844
29	Mei-21	30.071	33.051	59	Nov-23	26.343	26.682
30	Jun-21	29.857	32.737	60	Des-23	29.786	27.001

#### **4.3 Penerapan FTSC Orde Dua dengan Modifikasi Subinterval Berdasarkan Frekuensi Bertingkat**

Setelah memperoleh hasil peramalan harga bawang merah di Kota Singkawang menggunakan pendekatan pembagian interval berdasarkan rumus *Sturges*, analisis selanjutnya dilakukan dengan pendekatan lain yang diharapkan dapat memberikan hasil prediksi yang lebih optimal. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pembagian interval dengan modifikasi berdasarkan subinterval frekuensi bertingkat. Pendekatan ini mempertimbangkan distribusi frekuensi dari data historis, di mana jumlah interval ditentukan berdasarkan rumus *Sturges* sebelumnya, kemudian dipartisi lagi menjadi beberapa subinterval baru berdasarkan jumlah frekuensi yang melebihi rata-rata pada interval sebelumnya. Dengan demikian, interval yang terbentuk tidak hanya mempertimbangkan rentang nilai data, tetapi juga memperhatikan sebaran data yang lebih padat, sehingga lebih adaptif terhadap pola fluktuasi harga yang tidak merata.

Dalam penerapan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua menggunakan pendekatan ini, seluruh tahapan perhitungan dilakukan dengan prosedur yang sama seperti pada pendekatan *Sturges*, mulai dari proses fuzzifikasi, pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG), hingga proses defuzzifikasi untuk memperoleh hasil peramalan akhir. Perbedaan utama terletak pada struktur interval yang digunakan, sehingga dapat menghasilkan himpunan *fuzzy* dan aturan relasi yang berbeda, yang pada akhirnya memengaruhi hasil prediksi. Berikut disajikan tahapan penerapan metode FTSC orde dua menggunakan pendekatan subinterval frekuensi bertingkat.

#### 4.3.1 Fuzzifikasi Data

Analisis metode FTSC orde dua menggunakan pendekatan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat memiliki tahap awal yang sama dengan FTSC orde dua menggunakan pendekatan *Sturges* yakni menentukan himpunan semesta  $U$ . Berdasarkan perhitungan sebelumnya diperoleh nilai  $U = [19.458; 50.286]$  dan diperoleh sebanyak tujuh interval dengan masing-masing panjang interval adalah 4.404. Akan tetapi, setelah dilakukan pembagian ke dalam tujuh interval tersebut, ditemukan bahwa distribusi frekuensi data tidak merata di beberapa interval. Ketidakseimbangan distribusi data ini dapat menyebabkan penyusunan FLRG menjadi tidak optimal dan berpengaruh terhadap akurasi hasil peramalan. Oleh karena itu, dilakukan pemecahan ulang terhadap interval-interval yang memiliki frekuensi lebih tinggi dari rata-rata. Pemecahan dilakukan agar distribusi frekuensi lebih merata, sehingga dapat meningkatkan akurasi prediksi pada metode FTSC khususnya orde dua. Tabel

4.10 menunjukkan jumlah frekuensi dari masing-masing tujuh interval awal beserta jumlah sub interval yang terbentuk.

**Tabel 4.10** Pembentukan Subinterval (Frekuensi Bertingkat)

Interval Ke-	Frekuensi	Subinterval
1	3	1
2	13	4
3	19	5
4	10	2
5	11	3
6	2	1
7	2	1

Setelah diperoleh 17 interval, maka dilakukan perhitungan batas atas dan bawah serta nilai tengah pada masing-masing interval menggunakan cara yang sama pada pendekatan *Sturges* sebelumnya.

**Tabel 4.11** Interval *Fuzzy* FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

Interval ( $u$ )	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah ( $m$ )
$u_1$	19.458	23.862	21.660
$u_2$	23.862	24.963	24.413
$u_3$	24.963	26.064	25.514
$u_4$	26.064	27.165	26.615
$u_5$	27.165	28.266	27.716
$u_6$	28.266	29.147	28.706
$u_7$	29.147	30.028	29.587
$u_8$	30.028	30.908	30.468
$u_9$	30.908	31.789	31.349
$u_{10}$	31.789	32.670	32.230
$u_{11}$	32.670	34.872	33.771
$u_{12}$	34.872	37.074	35.973
$u_{13}$	37.074	38.542	37.808
$u_{14}$	38.542	40.010	39.276

$u_{15}$	40.010	41.478	40.744
$u_{16}$	41.478	45.882	43.680
$u_{17}$	45.882	50.286	48.084

Selanjutnya menentukan 17 interval dari himpunan semesta  $U$ . Himpunan *fuzzy* ini dibentuk menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga, di mana setiap himpunan *fuzzy* memiliki nilai keanggotaan maksimum di titik tengah intervalnya dan nilai keanggotaan menurun secara linear ke nol di kedua sisi interval. Sesuai dengan aturan derajat keanggotaan, himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\tilde{A}_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_5 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_6 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_7 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_8 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_7 + 1/u_8 + 0,5/u_9 + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_9 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_8 + 1/u_9 + 0,5/u_{10} + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{10} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_9 + 1/u_{10} + 0,5/u_{11} + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{11} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_{10} + 1/u_{11} + 0,5/u_{12} + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{12} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_{11} + 1/u_{12} + 0,5/u_{13} + \dots + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{13} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{12} + 1/u_{13} + 0,5/u_{14} + \dots + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{14} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{13} + 1/u_{14} + 0,5/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{15} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{14} + 1/u_{15} + 0,5/u_{16} + 0/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{16} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_{14} + 0,5/u_{15} + 1/u_{16} + 0,5/u_{17}$$

$$\tilde{A}_{17} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0,5/u_{16} + 1/u_{17}$$

Kemudian data difuzzifikasi menggunakan langkah yang sama dengan metode FTSC orde dua berdasarkan rumus *Sturges* sebelumnya. Berikut adalah hasil fuzzifikasi data ke dalam nilai linguistik.

**Tabel 4.12** Fuzzifikasi Data FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

t	Data Aktual	Nilai Linguistik	t	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	24.566	$\tilde{A}_2$	31	31.486	$\tilde{A}_9$
2	24.625	$\tilde{A}_2$	32	35.000	$\tilde{A}_{12}$
3	28.083	$\tilde{A}_5$	33	26.914	$\tilde{A}_4$
4	28.875	$\tilde{A}_6$	34	27.750	$\tilde{A}_5$
5	29.733	$\tilde{A}_7$	35	27.286	$\tilde{A}_5$
6	28.833	$\tilde{A}_6$	36	25.886	$\tilde{A}_3$
7	27.917	$\tilde{A}_5$	37	28.393	$\tilde{A}_6$
8	25.067	$\tilde{A}_3$	38	33.107	$\tilde{A}_{11}$
9	21.083	$\tilde{A}_1$	39	35.400	$\tilde{A}_{12}$
10	19.458	$\tilde{A}_1$	40	29.714	$\tilde{A}_7$
11	20.867	$\tilde{A}_1$	41	29.643	$\tilde{A}_7$
12	27.583	$\tilde{A}_5$	42	38.943	$\tilde{A}_{14}$
13	37.133	$\tilde{A}_{13}$	43	50.286	$\tilde{A}_{17}$
14	32.625	$\tilde{A}_{10}$	44	45.750	$\tilde{A}_{16}$
15	30.279	$\tilde{A}_8$	45	33.971	$\tilde{A}_{11}$
16	39.014	$\tilde{A}_{14}$	46	31.964	$\tilde{A}_{10}$

17	44.345	$\tilde{A}_{16}$	47	38.179	$\tilde{A}_{13}$
18	49.124	$\tilde{A}_{17}$	48	37.771	$\tilde{A}_{13}$
19	39.067	$\tilde{A}_{14}$	49	41.036	$\tilde{A}_{15}$
20	32.333	$\tilde{A}_{10}$	50	40.893	$\tilde{A}_{15}$
21	29.083	$\tilde{A}_6$	51	34.171	$\tilde{A}_{11}$
22	32.200	$\tilde{A}_{10}$	52	33.571	$\tilde{A}_{11}$
23	39.833	$\tilde{A}_{14}$	53	32.964	$\tilde{A}_{11}$
24	39.867	$\tilde{A}_{14}$	54	35.829	$\tilde{A}_{12}$
25	34.607	$\tilde{A}_{11}$	55	40.536	$\tilde{A}_{15}$
26	32.321	$\tilde{A}_{10}$	56	30.657	$\tilde{A}_8$
27	33.250	$\tilde{A}_{11}$	57	24.964	$\tilde{A}_3$
28	30.171	$\tilde{A}_8$	58	24.750	$\tilde{A}_2$
29	30.071	$\tilde{A}_8$	59	26.343	$\tilde{A}_4$
30	29.857	$\tilde{A}_7$	60	29.786	$\tilde{A}_7$

### 4.3.2 Pembentukan FLR dan FLRG

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat ditentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) untuk seluruh data harga bawang merah. Misalkan data pertama adalah  $\tilde{A}_2$ , data kedua adalah  $\tilde{A}_2$ , dan data ketiga adalah  $\tilde{A}_5$ . Pada kasus ini, FLR yang terbentuk adalah  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$  ke  $\tilde{A}_5$ . Tabel 4.13 menunjukkan tabel FLR untuk data harga bawang merah.

**Tabel 4.13** FLR Data pada FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

$t$	Nilai Linguistik $t - 2$	Nilai Linguistik $t - 1$	Nilai Linguistik $t$	FLR
1	-	-	$\tilde{A}_2$	-
2	-	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	-
3	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_5$

4	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_6$
5	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_7$
6	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_6$
7	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_5$
8	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
9	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_1$
10	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
11	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
12	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_5$
13	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
14	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
15	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_8$
16	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
17	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
18	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{17}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_{17}$
19	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{17}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
20	$\tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
21	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_6$
22	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
23	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
24	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
25	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
26	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
27	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
28	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_8$
29	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_8$
30	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_7$
31	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_9$

32	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_{12}$
33	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_4$
34	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_5$
35	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_5$
36	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$
37	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_6$
38	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
39	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{12}$
40	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_7$
41	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_7$
42	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
43	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{17}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{17}$
44	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{17}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
45	$\tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
46	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
47	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
48	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
49	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
50	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
51	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
52	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
53	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
54	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{12}$
55	$\tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
56	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_8$
57	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_3$
58	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_2$
59	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_4$

60	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_7$
----	---------------	---------------	---------------	--

Berdasarkan hasil FLR tersebut, dapat dibuat *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Berikut perolehan FLRG untuk data harga bawang merah:

**Tabel 4.14** FLRG pada FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>	FLRG	<i>Current State</i>	<i>Next State</i>	FLRG
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1, \tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_8$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_8$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_8$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_8$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{13}$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_7, \tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_7, \tilde{A}_{15}$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_5$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_7$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_8$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_8$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_6$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{17}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_{17}$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{17}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_8$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_3$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{17}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
$\tilde{A}_8, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_2$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$

$\tilde{A}_8, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{11}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{11}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
$\tilde{A}_8, \tilde{A}_8$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{17}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{17}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
$\tilde{A}_8, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
$\tilde{A}_9, \tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{11}$	$(\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_{11}$
$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_{10}$			

### 4.3.3 Penyusunan Matriks Pembobotan dan Normalisasi

Berdasarkan FLRG yang dibentuk pada Tabel 4.14, selanjutnya akan diberikan bobot di setiap FLRG yang terbentuk. Misalkan pada FLRG yang pertama terdiri dari  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$ ,  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_5$ . Dari FLR tersebut dapat dilihat bahwa nilai dari  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$  sebanyak 1 sehingga diberikan bobot 1, dan  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_5$  sebanyak 1 sehingga diberi bobot sebanyak 1. Dengan cara yang sama, maka dihasilkan pembobotan FLRG yang ditransfer dalam matriks berikut.

**Tabel 4.15** Matriks Pembobotan FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

$X(t-2)$ $t-1$	$X(t)$									
	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	...	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{17}$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	1	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_5$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_4$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_5$	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_2$	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{14}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

$\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{16}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---

Berdasarkan matriks pembobot pada Tabel 4.15, akan dibentuk matriks pembobot yang ternormalisasi berdasarkan persamaan (2.4).

$$W_n(3) = [W'_5]$$

$$= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Adapun hasil matriks pembobot ternormalisasi untuk seluruh FLRG ditunjukkan pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16** Matriks Bobot Normalisasi FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

$X(t-2)$	$X(t)$									
$t-1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	...	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{17}$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_5$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_4$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_5$	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_2$	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{14}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_{17}, \tilde{A}_{16}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

#### 4.3.4 Perhitungan Nilai Peramalan Awal dan Peramalan Adaptif

Menentukan nilai peramalan awal dilakukan dengan mengalikan matriks bobot yang telah dinormalisasi,  $W_n(t)$ , dari langkah sebelumnya dengan matriks defuzzifikasi  $L_{df}$ , sebagaimana dijelaskan dalam persamaan (2.5). Sebagai

ilustrasi, untuk bulan Maret 2019 ( $t = 3$ ), data yang digunakan berasal dari bulan sebelumnya, yaitu Februari 2019 ( $t = 2$ ) dan Januari 2019 ( $t = 1$ ). Pada bulan tersebut, *state*  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$  mengalami transisi ke  $\tilde{A}_5$ . Berdasarkan FLRG yang terbentuk, yaitu  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_5$  nilai peramalan awal dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.5).

$$\begin{aligned}
 F(t) &= L_{df}(t-2, t-1) \cdot W_n(t-2, t-1) \\
 F(3) &= L_{df}(1,2) \cdot W_n(1,2) \\
 &= [m_5][W'5] \\
 &= [27.716][1] \\
 &= 27.716
 \end{aligned}$$

Nilai peramalan awal dari data aktual dihitung menggunakan cara yang sama seperti perhitungan taksiran awal bulan Maret 2019. Sehingga diperoleh hasil nilai peramalan awal untuk data rata-rata harga bawang merah di Kota Singkawang sebagai berikut:

**Tabel 4.17** Peramalan Awal Nilai FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

$t$	Bulan	Data Aktual	Taksiran Awal $F(t)$	$t$	Bulan	Data Aktual	Taksiran Awal $F(t)$
1	Jan-19	24.566	-	31	Jul-21	31.486	31.349
2	Feb-19	24.625	-	32	Agu-21	35.000	35.973
3	Mar-19	28.083	27.716	33	Sep-21	26.914	26.615
4	Apr-19	28.875	28.706	34	Okt-21	27.750	27.716
5	Mei-19	29.733	29.587	35	Nov-21	27.286	27.716
6	Jun-19	28.833	28.706	36	Des-21	25.886	25.514
7	Jul-19	27.917	27.716	37	Jan-22	28.393	25.183
8	Agu-19	25.067	25.514	38	Feb-22	33.107	33.771
9	Sep-19	21.083	25.183	39	Mar-22	35.400	35.973
10	Okt-19	19.458	21.660	40	Apr-22	29.714	35.166

11	Nov-19	20.867	24.688	41	Mei-22	29.643	29.587
12	Des-19	27.583	24.688	42	Jun-22	38.943	39.276
13	Jan-20	37.133	37.808	43	Jul-22	50.286	48.084
14	Feb-20	32.625	32.230	44	Agu-22	45.750	43.680
15	Mar-20	30.279	30.468	45	Sep-22	33.971	33.771
16	Apr-20	39.014	39.276	46	Okt-22	31.964	32.230
17	Mei-20	44.345	43.680	47	Nov-22	38.179	35.790
18	Jun-20	49.124	48.084	48	Des-22	37.771	37.808
19	Jul-20	39.067	39.276	49	Jan-23	41.036	40.744
20	Agu-20	32.333	32.230	50	Feb-23	40.893	40.744
21	Sep-20	29.083	28.706	51	Mar-23	34.171	33.771
22	Okt-20	32.200	32.230	52	Apr-23	33.571	33.771
23	Nov-20	39.833	39.276	53	Mei-23	32.964	34.872
24	Des-20	39.867	39.276	54	Jun-23	35.829	34.872
25	Jan-21	34.607	33.771	55	Jul-23	40.536	35.166
26	Feb-21	32.321	32.230	56	Agu-23	30.657	30.468
27	Mar-21	33.250	35.790	57	Sep-23	24.964	25.514
28	Apr-21	30.171	30.468	58	Okt-23	24.750	24.413
29	Mei-21	30.071	30.468	59	Nov-23	26.343	26.615
30	Jun-21	29.857	29.587	60	Des-23	29.786	29.587

Selanjutnya memodifikasi peramalan dengan nilai peramalan adaptif untuk mendapatkan nilai taksiran terbaik menggunakan persamaan (2.6). Dalam hal ini, digunakan parameter ( $\beta$ ) terbaik yang diperoleh adalah 0,9. Berikut adalah tabel hasil perhitungan peramalan adaptif.

**Tabel 4.18** Peramalan Adaptif FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Adaptif	t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Adaptif
1	Jan-19	24.566	-	31	Jul-21	31.486	31.200
2	Feb-19	24.625	-	32	Agu-21	35.000	35.524
3	Mar-19	28.083	27.406	33	Sep-21	26.914	27.453

4	Apr-19	28.875	28.644	34	Okt-21	27.750	27.635
5	Mei-19	29.733	29.516	35	Nov-21	27.286	27.719
6	Jun-19	28.833	28.809	36	Des-21	25.886	25.691
7	Jul-19	27.917	27.827	37	Jan-22	28.393	25.253
8	Agu-19	25.067	25.754	38	Feb-22	33.107	33.233
9	Sep-19	21.083	25.172	39	Mar-22	35.400	35.686
10	Okt-19	19.458	21.602	40	Apr-22	29.714	35.189
11	Nov-19	20.867	24.165	41	Mei-22	29.643	29.600
12	Des-19	27.583	24.306	42	Jun-22	38.943	38.313
13	Jan-20	37.133	36.786	43	Jul-22	50.286	47.170
14	Feb-20	32.625	32.720	44	Agu-22	45.750	44.341
15	Mar-20	30.279	30.684	45	Sep-22	33.971	34.969
16	Apr-20	39.014	38.376	46	Okt-22	31.964	32.404
17	Mei-20	44.345	43.213	47	Nov-22	38.179	35.407
18	Jun-20	49.124	47.710	48	Des-22	37.771	37.845
19	Jul-20	39.067	40.261	49	Jan-23	41.036	40.447
20	Agu-20	32.333	32.913	50	Feb-23	40.893	40.773
21	Sep-20	29.083	29.069	51	Mar-23	34.171	34.483
22	Okt-20	32.200	31.915	52	Apr-23	33.571	33.811
23	Nov-20	39.833	38.568	53	Mei-23	32.964	34.742
24	Des-20	39.867	39.332	54	Jun-23	35.829	34.681
25	Jan-21	34.607	34.381	55	Jul-23	40.536	35.232
26	Feb-21	32.321	32.467	56	Agu-23	30.657	31.475
27	Mar-21	33.250	35.443	57	Sep-23	24.964	26.028
28	Apr-21	30.171	30.746	58	Okt-23	24.750	24.468
29	Mei-21	30.071	30.438	59	Nov-23	26.343	26.428
30	Jun-21	29.857	29.636	60	Des-23	29.786	29.263

#### **4.4 Penerapan FTSC Orde Dua Berdasarkan Modifikasi Subinterval dengan Distribusi Data yang Merata**

Setelah memperoleh hasil peramalan harga bawang merah di Kota Singkawang menggunakan pendekatan pembagian interval berdasarkan rumus *Sturges* dan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, analisis selanjutnya dilakukan dengan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata. Pendekatan ini membagi data ke dalam sejumlah interval dengan jumlah data (frekuensi) yang relatif sama pada tiap intervalnya. Dengan kata lain, pembagian interval tidak berfokus pada rentang nilai, melainkan pada jumlah kemunculan data dalam setiap interval. Pendekatan ini bertujuan untuk menciptakan keseimbangan distribusi data dalam setiap himpunan *fuzzy*, sehingga pola prediksi menjadi lebih stabil ketika data memiliki sebaran yang tidak merata.

Dalam penerapan metode FTSC orde dua menggunakan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata, seluruh langkah perhitungan dilakukan dengan prosedur yang sama seperti pendekatan sebelumnya. Proses dimulai dari fuzzifikasi, pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG), hingga tahap defuzzifikasi untuk memperoleh hasil akhir peramalan. Perbedaan utama terdapat pada struktur interval yang terbentuk berdasarkan jumlah data, bukan lebar interval. Hal ini menghasilkan susunan himpunan *fuzzy* dan aturan relasi yang berbeda dari pendekatan sebelumnya. Berikut disajikan tahapan penerapan metode FTSC orde dua menggunakan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata.

#### 4.4.1 Fuzzifikasi Data

Pada tahap sebelumnya, penentuan jumlah interval dilakukan menggunakan rumus *Sturges* yang merupakan pendekatan standar untuk pembagian interval pada data. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai  $U = [19.458; 50.286]$  dan diperoleh sebanyak tujuh interval dengan masing-masing panjang interval adalah 4.404. Akan tetapi, setelah dilakukan pembagian ke dalam tujuh interval tersebut, diperoleh hasil distribusi frekuensi data yang tidak merata. Terdapat beberapa interval yang memiliki frekuensi data jauh lebih tinggi dibandingkan interval lainnya.

Ketidakseimbangan ini berpotensi menyebabkan pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) menjadi tidak optimal, sehingga mempengaruhi akurasi hasil prediksi metode FTSC orde dua. Oleh karena itu, dilakukan pemecahan ulang terhadap interval-interval yang memiliki frekuensi lebih tinggi dibandingkan interval lainnya. Pemecahan dilakukan agar distribusi frekuensi lebih merata, sehingga dapat meningkatkan akurasi prediksi pada metode FTSC orde dua. Tabel 4.19 menunjukkan jumlah frekuensi dari masing-masing tujuh interval awal beserta jumlah sub interval yang terbentuk.

**Tabel 4.19** Pembentukan Subinterval (Distribusi Data Merata)

Interval Ke-	Frekuensi	Sub Interval
1	3	1
2	13	5
3	19	7
4	10	4
5	11	4
6	2	1
7	2	1

Berdasarkan Tabel 4.19 diperoleh 23 interval baru berdasarkan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata. Kemudian, dilakukan perhitungan batas atas dan bawah serta nilai tengah pada masing-masing interval menggunakan cara yang sama pada interval *Sturges* sebelumnya. Tabel 4.20 menunjukkan 23 interval baru dengan batas atas, batas bawah serta nilai tengah dari masing-masing interval.

**Tabel 4.20** Interval *Fuzzy* FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

<b>Interval (<math>u</math>)</b>	<b>Batas Bawah</b>	<b>Batas Atas</b>	<b>Nilai Tengah (<math>m</math>)</b>
$u_1$	19.458	23.862	21.660
$u_2$	23.862	24.743	24.302
$u_3$	24.743	25.624	25.183
$u_4$	25.624	26.504	26.064
$u_5$	26.504	27.385	26.945
$u_6$	27.385	28.266	27.826
$u_7$	28.266	28.895	28.581
$u_8$	28.895	29.524	29.210
$u_9$	29.524	30.153	29.839
$u_{10}$	30.153	30.783	30.468
$u_{11}$	30.783	31.412	31.097
$u_{12}$	31.412	32.041	31.726
$u_{13}$	32.041	32.670	32.355
$u_{14}$	32.670	33.771	33.221
$u_{15}$	33.771	34.872	34.322
$u_{16}$	34.872	35.973	35.423
$u_{17}$	35.973	37.074	36.524
$u_{18}$	37.074	38.175	37.625
$u_{19}$	38.175	39.276	38.726
$u_{20}$	39.276	40.377	39.827
$u_{21}$	40.377	41.478	40.928

$u_{22}$	41.478	45.882	43.680
$u_{23}$	45.882	50.286	48.084

Selanjutnya menentukan himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta  $U$ . Himpunan *fuzzy* ini dibentuk menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga, di mana setiap himpunan *fuzzy* memiliki nilai keanggotaan maksimum di titik tengah intervalnya dan nilai keanggotaan menurun secara linear ke nol di kedua sisi interval. Sesuai dengan aturan derajat keanggotaan, himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\tilde{A}_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_5 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_6 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_7 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_8 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_7 + 1/u_8 + 0,5/u_9 + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_9 = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_8 + 1/u_9 + 0,5/u_{10} + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{10} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_9 + 1/u_{10} + 0,5/u_{11} + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{11} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_{10} + 1/u_{11} + 0,5/u_{12} + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{12} = 0/u_1 + \dots + 0,5/u_{11} + 1/u_{12} + 0,5/u_{13} + \dots + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{13} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{12} + 1/u_{13} + 0,5/u_{14} + \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{14} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{13} + 1/u_{14} + 0,5/u_{15} + \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{15} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{14} + 1/u_{15} + 0,5/u_{16} + \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{16} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{15} + 1/u_{16} + 0,5/u_{17} \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{17} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{16} + 1/u_{17} + 0,5/u_{18} + \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{18} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{17} + 1/u_{18} + 0,5/u_{19} + \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{19} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{18} + 1/u_{19} + 0,5/u_{20} + \dots + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{20} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{19} + 1/u_{20} + 0,5/u_{21} + 0/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{21} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{20} + 1/u_{21} + 0,5/u_{22} + 0/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{22} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_{20} + 0,5/u_{21} + 1/u_{22} + 0,5/u_{23}$$

$$\tilde{A}_{23} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0/u_{20} + 0/u_{21} + 0,5/u_{22} + 1/u_{23}$$

Kemudian data difuzzifikasi menggunakan langkah yang sama dengan sebelumnya. Berikut adalah hasil fuzzifikasi data ke dalam nilai linguistik.

**Tabel 4.21** Fuzzifikasi Data FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

t	Data Aktual	Nilai Linguistik	t	Data Aktual	Nilai Linguistik
1	24.566	$\tilde{A}_2$	31	31.486	$\tilde{A}_{12}$
2	24.625	$\tilde{A}_2$	32	35.000	$\tilde{A}_{16}$
3	28.083	$\tilde{A}_6$	33	26.914	$\tilde{A}_5$
4	28.875	$\tilde{A}_7$	34	27.750	$\tilde{A}_6$
5	29.733	$\tilde{A}_9$	35	27.286	$\tilde{A}_5$
6	28.833	$\tilde{A}_7$	36	25.886	$\tilde{A}_4$
7	27.917	$\tilde{A}_6$	37	28.393	$\tilde{A}_7$
8	25.067	$\tilde{A}_3$	38	33.107	$\tilde{A}_{14}$
9	21.083	$\tilde{A}_1$	39	35.400	$\tilde{A}_{16}$

10	19.458	$\tilde{A}_1$	40	29.714	$\tilde{A}_9$
11	20.867	$\tilde{A}_1$	41	29.643	$\tilde{A}_9$
12	27.583	$\tilde{A}_6$	42	38.943	$\tilde{A}_{19}$
13	37.133	$\tilde{A}_{18}$	43	50.286	$\tilde{A}_{23}$
14	32.625	$\tilde{A}_{13}$	44	45.750	$\tilde{A}_{22}$
15	30.279	$\tilde{A}_{10}$	45	33.971	$\tilde{A}_{15}$
16	39.014	$\tilde{A}_{19}$	46	31.964	$\tilde{A}_{12}$
17	44.345	$\tilde{A}_{22}$	47	38.179	$\tilde{A}_{19}$
18	49.124	$\tilde{A}_{23}$	48	37.771	$\tilde{A}_{18}$
19	39.067	$\tilde{A}_{19}$	49	41.036	$\tilde{A}_{21}$
20	32.333	$\tilde{A}_{13}$	50	40.893	$\tilde{A}_{21}$
21	29.083	$\tilde{A}_8$	51	34.171	$\tilde{A}_{15}$
22	32.200	$\tilde{A}_{13}$	52	33.571	$\tilde{A}_{14}$
23	39.833	$\tilde{A}_{20}$	53	32.964	$\tilde{A}_{14}$
24	39.867	$\tilde{A}_{20}$	54	35.829	$\tilde{A}_{16}$
25	34.607	$\tilde{A}_{15}$	55	40.536	$\tilde{A}_{21}$
26	32.321	$\tilde{A}_{13}$	56	30.657	$\tilde{A}_{10}$
27	33.250	$\tilde{A}_{14}$	57	24.964	$\tilde{A}_3$
28	30.171	$\tilde{A}_{10}$	58	24.750	$\tilde{A}_3$
29	30.071	$\tilde{A}_9$	59	26.343	$\tilde{A}_4$
30	29.857	$\tilde{A}_9$	60	29.786	$\tilde{A}_9$

#### 4.4.2 Pembentukan FLR dan FLRG

Berdasarkan Tabel 4.21 sebelumnya, dapat ditentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) untuk seluruh data harga bawang merah, sama halnya dengan langkah sebelumnya di FTSC orde dua berdasarkan rumus *Sturges* dan subinterval frekuensi bertingkat. Misalkan data pertama adalah  $\tilde{A}_2$ , data kedua adalah  $\tilde{A}_2$ , dan data ketiga adalah  $\tilde{A}_6$ . Pada kasus ini, FLR yang terbentuk adalah

$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$  ke  $\tilde{A}_6$ . Tabel 4.22 menunjukkan tabel FLR untuk data harga bawang merah.

**Tabel 4.22** FLR pada FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

$t$	Nilai Linguistik $t - 2$	Nilai Linguistik $t - 1$	Nilai Linguistik $t$	FLR
1	-	-	$\tilde{A}_2$	-
2	-	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	-
3	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_6$
4	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_7$
5	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_9$
6	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_7$
7	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_6$
8	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_3$
9	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_1$
10	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
11	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$
12	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_6$
13	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{18}$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_{18}$
14	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_{18}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
15	$\tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{18}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
16	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
17	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{22}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{22}$
18	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{23}$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{22}) \rightarrow \tilde{A}_{23}$
19	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_{22}, \tilde{A}_{23}) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
20	$\tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
21	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_8$
22	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_{13}$

23	$\tilde{A}_8$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{20}$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{20}$
24	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{20}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{20}) \rightarrow \tilde{A}_{20}$
25	$\tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{20}, \tilde{A}_{20}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
26	$\tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{20}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
27	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
28	$\tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
29	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_9$
30	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_9$
31	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_{12}$
32	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
33	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_5$
34	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_6$
35	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_5$
36	$\tilde{A}_6$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_4$
37	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_7$
38	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
39	$\tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
40	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_9$
41	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_9$
42	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
43	$\tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{23}$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{23}$
44	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{22}$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{23}) \rightarrow \tilde{A}_{22}$
45	$\tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{22}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
46	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_{22}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{12}$
47	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
48	$\tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{18}$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{18}$
49	$\tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{21}$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{18}) \rightarrow \tilde{A}_{21}$
50	$\tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{21}$	$(\tilde{A}_{18}, \tilde{A}_{21}) \rightarrow \tilde{A}_{21}$

51	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{21}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
52	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
53	$\tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
54	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
55	$\tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{21}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_{21}$
56	$\tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{21}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
57	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_3$
58	$\tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$
59	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_4$
60	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_9$

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dibuat *Fuzzy Logical Relationship Group*

(FLRG). Berikut perolehan FLRG untuk data harga bawang merah:

**Tabel 4.23** FLRG pada FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

<b>Current State</b>	<b>Next State</b>	<b>FLRG</b>	<b>Current State</b>	<b>Next State</b>	<b>FLRG</b>
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{18}$	$(\tilde{A}_1, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_2) \rightarrow \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{20}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_{20}) \rightarrow \tilde{A}_{20}$
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_2, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_9$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_1) \rightarrow \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_9, \tilde{A}_{21}$	$(\tilde{A}_{14}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_9, \tilde{A}_{21}$
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_3, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_4, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_4) \rightarrow \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{15}, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
$\tilde{A}_5, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_5, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_6$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_1$	$\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_9$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_4$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_5) \rightarrow \tilde{A}_4$	$\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{16}, \tilde{A}_{21}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$
$\tilde{A}_6, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{18}, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{10}$	$(\tilde{A}_{18}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{10}$

$\tilde{A}_6, \tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_6, \tilde{A}_{18}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{18}, \tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{21}$	$(\tilde{A}_{18}, \tilde{A}_{21}) \rightarrow \tilde{A}_{21}$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_6) \rightarrow \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_8$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_8$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_7$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{21}$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{18}) \rightarrow \tilde{A}_{21}$
$\tilde{A}_7, \tilde{A}_{14}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_7, \tilde{A}_{14}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{23}$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{22}) \rightarrow \tilde{A}_{23}$
$\tilde{A}_8, \tilde{A}_{13}$	$\tilde{A}_{20}$	$(\tilde{A}_8, \tilde{A}_{13}) \rightarrow \tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{22}$	$(\tilde{A}_{19}, \tilde{A}_{23}) \rightarrow \tilde{A}_{22}$
$\tilde{A}_9, \tilde{A}_7$	$\tilde{A}_6$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_7) \rightarrow \tilde{A}_6$	$\tilde{A}_{20}, \tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{20}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
$\tilde{A}_9, \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_1$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{20}, \tilde{A}_{20}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{20}, \tilde{A}_{20}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
$\tilde{A}_9, \tilde{A}_{12}$	$\tilde{A}_{16}$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_{12}) \rightarrow \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{10}$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{10}) \rightarrow \tilde{A}_3$
$\tilde{A}_9, \tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{23}$	$(\tilde{A}_9, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{14}$	$(\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{14}$
$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_3$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_3) \rightarrow \tilde{A}_3$	$\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{21}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_9$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_9) \rightarrow \tilde{A}_9$	$\tilde{A}_{22}, \tilde{A}_{15}$	$\tilde{A}_{12}$	$(\tilde{A}_{22}, \tilde{A}_{15}) \rightarrow \tilde{A}_{12}$
$\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{22}$	$(\tilde{A}_{10}, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{22}, \tilde{A}_{23}$	$\tilde{A}_{19}$	$(\tilde{A}_{22}, \tilde{A}_{23}) \rightarrow \tilde{A}_{19}$
$\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{16}$	$\tilde{A}_5$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{16}) \rightarrow \tilde{A}_5$	$\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{13}$
$\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{19}$	$\tilde{A}_{18}$	$(\tilde{A}_{12}, \tilde{A}_{19}) \rightarrow \tilde{A}_{18}$	$\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{15}$	$(\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{22}) \rightarrow \tilde{A}_{15}$
$\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_8$	$\tilde{A}_{13}$	$(\tilde{A}_{13}, \tilde{A}_8) \rightarrow \tilde{A}_{13}$			

#### 4.4.3 Penyusunan Matriks Pembobotan dan Normalisasi

Berdasarkan FLRG yang dibentuk pada Tabel 4.23, selanjutnya akan diberikan bobot di setiap FLRG yang terbentuk. Misalkan pada FLRG yang pertama terdiri dari  $\tilde{A}_1. \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1, \tilde{A}_1. \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_6$ . Dari FLR tersebut dapat dilihat bahwa nilai dari  $\tilde{A}_1. \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_1$  sebanyak 1 sehingga diberikan bobot 1, dan  $\tilde{A}_1. \tilde{A}_1 \rightarrow \tilde{A}_6$  sebanyak 1 sehingga diberi bobot sebanyak 1. Dengan cara yang sama, maka dihasilkan pembobotan FLRG yang ditransfer dalam matriks berikut.

**Tabel 4.24** Matriks Pembobotan FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

$X(t-2,$	$X(t)$									
$t-1)$	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	$\dots$	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{23}$

$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	1	...	0	0	0
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_3$	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_4, \tilde{A}_7$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{19}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{22}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

Berdasarkan matriks pembobot tersebut, akan dibentuk matriks pembobot yang ternormalisasi berdasarkan persamaan (2.4).

$$W_n(3) = [W'_6]$$

$$= \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Adapun hasil matriks pembobot ternormalisasi untuk seluruh FLRG ditunjukkan pada Tabel 4.25.

**Tabel 4.25** Matriks Bobot Normalisasi FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

$X(t-2)$ $t-1$	$X(t)$									
	$\tilde{A}_1$	$\tilde{A}_2$	$\tilde{A}_3$	$\tilde{A}_4$	$\tilde{A}_5$	$\tilde{A}_6$	...	$\tilde{A}_{21}$	$\tilde{A}_{22}$	$\tilde{A}_{23}$
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_1$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	$\frac{1}{2}$	...	0	0	0
$\tilde{A}_1, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0
$\tilde{A}_2, \tilde{A}_6$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_1$	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_3$	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_3, \tilde{A}_4$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

$\tilde{A}_4, \tilde{A}_7$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{19}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
$\tilde{A}_{23}, \tilde{A}_{22}$	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

#### 4.4.4 Perhitungan Nilai Peramalan Awal dan Peramalan Adaptif

Menentukan nilai peramalan awal dilakukan dengan mengalikan matriks bobot yang telah dinormalisasi,  $W_n(t)$ , dari langkah sebelumnya dengan matriks defuzzifikasi  $L_{df}$ , sebagaimana dijelaskan dalam persamaan (2.5). Sebagai ilustrasi, untuk bulan Maret 2019 ( $t = 3$ ), data yang digunakan berasal dari bulan sebelumnya, yaitu bulan Februari 2019 ( $t = 2$ ) dan bulan Januari 2019 ( $t = 1$ ). Pada bulan tersebut, state  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2$  mengalami transisi ke  $\tilde{A}_6$ . Berdasarkan FLRG yang terbentuk, yaitu  $\tilde{A}_2, \tilde{A}_2 \rightarrow \tilde{A}_6$ , maka nilai peramalan awal dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.5).

$$\begin{aligned}
 F(t) &= L_{df}(t-2, t-1) \cdot W_n(t-2, t-1) \\
 F(3) &= L_{df}(1,2) \cdot W_n(1,2) \\
 &= [m_6][W'6] \\
 &= [27.826][1] \\
 &= 27.826
 \end{aligned}$$

Nilai peramalan awal dari data aktual dihitung menggunakan cara yang sama seperti perhitungan taksiran awal bulan Maret 2019. Sehingga diperoleh hasil nilai peramalan awal untuk data rata-rata harga bawang merah di Kota Singkawang seperti pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Peramalan Awal Nilai FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

$t$	Bulan	Data Aktual	Taksiran Awal $F(t)$	$t$	Bulan	Data Aktual	Taksiran Awal $F(t)$
1	Jan-19	24.566	-	31	Jul-21	31.486	35.226
2	Feb-19	24.625	-	32	Agu-21	35.000	35.423
3	Mar-19	28.083	27.826	33	Sep-21	26.914	26.945
4	Apr-19	28.875	28.581	34	Okt-21	27.750	27.826
5	Mei-19	29.733	29.839	35	Nov-21	27.286	26.945
6	Jun-19	28.833	28.581	36	Des-21	25.886	26.064
7	Jul-19	27.917	27.826	37	Jan-22	28.393	28.581
8	Agu-19	25.067	25.183	38	Feb-22	33.107	33.221
9	Sep-19	21.083	21.660	39	Mar-22	35.400	35.423
10	Okt-19	19.458	21.660	40	Apr-22	29.714	35.383
11	Nov-19	20.867	24.743	41	Mei-22	29.643	29.839
12	Des-19	27.583	24.743	42	Jun-22	38.943	35.226
13	Jan-20	37.133	37.625	43	Jul-22	50.286	48.084
14	Feb-20	32.625	32.355	44	Agu-22	45.750	43.680
15	Mar-20	30.279	30.468	45	Sep-22	33.971	34.322
16	Apr-20	39.014	38.726	46	Okt-22	31.964	31.726
17	Mei-20	44.345	43.680	47	Nov-22	38.179	38.726
18	Jun-20	49.124	48.084	48	Des-22	37.771	37.625
19	Jul-20	39.067	38.726	49	Jan-23	41.036	40.928
20	Agu-20	32.333	32.355	50	Feb-23	40.893	40.928
21	Sep-20	29.083	29.210	51	Mar-23	34.171	34.322
22	Okt-20	32.200	32.355	52	Apr-23	33.571	33.221
23	Nov-20	39.833	39.827	53	Mei-23	32.964	33.221
24	Des-20	39.867	39.827	54	Jun-23	35.829	35.423
25	Jan-21	34.607	34.322	55	Jul-23	40.536	35.383
26	Feb-21	32.321	32.355	56	Agu-23	30.657	30.468
27	Mar-21	33.250	33.221	57	Sep-23	24.964	25.183
28	Apr-21	30.171	30.468	58	Okt-23	24.750	25.183
29	Mei-21	30.071	29.839	59	Nov-23	26.343	26.064

30	Jun-21	29.857	29.839	60	Des-23	29.786	29.839
----	--------	--------	--------	----	--------	--------	--------

Selanjutnya memodifikasi peramalan dengan nilai peramalan adaptif untuk mendapatkan nilai taksiran terbaik menggunakan persamaan (2.6). Dalam hal ini, digunakan parameter ( $\beta$ ) terbaik yang diperoleh adalah 0,9. Berikut adalah tabel hasil perhitungan peramalan adaptif.

**Tabel 4.27** Peramalan Adaptif Nilai FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Adaptif	t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Adaptif
1	Jan-19	24.566	-	31	Jul-21	31.486	34.689
2	Feb-19	24.625	-	32	Agu-21	35.000	35.029
3	Mar-19	28.083	27.506	33	Sep-21	26.914	27.750
4	Apr-19	28.875	28.531	34	Okt-21	27.750	27.734
5	Mei-19	29.733	29.742	35	Nov-21	27.286	27.025
6	Jun-19	28.833	28.696	36	Des-21	25.886	26.186
7	Jul-19	27.917	27.926	37	Jan-22	28.393	28.311
8	Agu-19	25.067	25.457	38	Feb-22	33.107	32.738
9	Sep-19	21.083	22.001	39	Mar-22	35.400	35.191
10	Okt-19	19.458	21.602	40	Apr-22	29.714	35.385
11	Nov-19	20.867	24.214	41	Mei-22	29.643	29.826
12	Des-19	27.583	24.355	42	Jun-22	38.943	34.668
13	Jan-20	37.133	36.620	43	Jul-22	50.286	47.170
14	Feb-20	32.625	32.833	44	Agu-22	45.750	44.341
15	Mar-20	30.279	30.684	45	Sep-22	33.971	35.464
16	Apr-20	39.014	37.881	46	Okt-22	31.964	31.951
17	Mei-20	44.345	43.213	47	Nov-22	38.179	38.049
18	Jun-20	49.124	47.710	48	Des-22	37.771	37.680
19	Jul-20	39.067	39.765	49	Jan-23	41.036	40.612
20	Agu-20	32.333	33.027	50	Feb-23	40.893	40.938
21	Sep-20	29.083	29.522	51	Mar-23	34.171	34.979
22	Okt-20	32.200	32.028	52	Apr-23	33.571	33.316

23	Nov-20	39.833	39.064	53	Mei-23	32.964	33.256
24	Des-20	39.867	39.827	54	Jun-23	35.829	35.177
25	Jan-21	34.607	34.876	55	Jul-23	40.536	35.428
26	Feb-21	32.321	32.581	56	Agu-23	30.657	31.475
27	Mar-21	33.250	33.131	57	Sep-23	24.964	25.731
28	Apr-21	30.171	30.746	58	Okt-23	24.750	25.161
29	Mei-21	30.071	29.872	59	Nov-23	26.343	25.933
30	Jun-21	29.857	29.862	60	Des-23	29.786	29.489

#### 4.5 Perbandingan Tingkat Akurasi

Setelah diperoleh hasil peramalan harga bawang merah di Kota Singkawang menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua dengan tiga pendekatan pembagian interval, yaitu pendekatan *Sturges*, modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, dan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata, akan dilakukan analisis perbandingan akurasi berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berdasarkan persamaan (2.7), perhitungan nilai MAPE metode FTSC orde dua berdasarkan pendekatan pembagian interval menggunakan rumus *Sturges* ditampilkan pada Tabel 4.28.

**Tabel 4.28** Nilai MAPE FTSC Orde Dua (*Sturges*)

t	Data Aktual	Peramalan Akhir $F'(t)$	Error Absolut	Persentase Error
1	24.566	-	-	-
2	24.625	-	-	-
3	28.083	26.657	1.426	5,08%
4	28.875	27.349	1.526	5,29%
5	29.733	31.911	2.178	7,33%
6	28.833	32.670	3.837	13,31%
7	27.917	32.490	4.573	16,38%

8	25.067	26.435	1.368	5,46%
9	21.083	26.745	5.662	26,86%
10	19.458	21.545	2.087	10,72%
11	20.867	22.981	2.114	10,13%
12	27.583	23.263	4.320	15,66%
13	37.133	36.937	196	0,53%
14	32.625	31.801	824	2,53%
15	30.279	29.725	554	1,83%
16	39.014	32.779	6.235	15,98%
17	44.345	41.866	2.479	5,59%
18	49.124	47.336	1.788	3,64%
19	39.067	41.246	2.179	5,58%
20	32.333	32.188	145	0,45%
21	29.083	29.667	584	2,01%
22	32.200	32.540	340	1,06%
23	39.833	33.163	6.670	16,74%
24	39.867	42.030	2.163	5,43%
25	34.607	37.633	3.026	8,74%
26	32.321	33.057	736	2,28%
27	33.250	33.481	231	0,69%
28	30.171	31.024	853	2,83%
29	30.071	33.051	2.980	9,91%
30	29.857	32.737	2.880	9,65%
31	31.486	32.695	1.209	3,84%
32	35.000	33.020	1.980	5,66%
33	26.914	31.374	4.460	16,57%
34	27.750	26.234	1.516	5,46%
35	27.286	27.282	4	0,01%
36	25.886	27.189	1.303	5,03%
37	28.393	26.909	1.484	5,23%
38	33.107	31.815	1.292	3,90%

39	35.400	30.996	4.404	12,44%
40	29.714	34.978	5.264	17,71%
41	29.643	32.960	3.317	11,19%
42	38.943	32.652	6.291	16,15%
43	50.286	41.852	8.434	16,77%
44	45.750	45.001	749	1,64%
45	33.971	37.048	3.077	9,06%
46	31.964	31.169	795	2,49%
47	38.179	33.410	4.769	12,49%
48	37.771	41.699	3.928	10,40%
49	41.036	37.213	3.823	9,32%
50	40.893	37.866	3.027	7,40%
51	34.171	37.838	3.667	10,73%
52	33.571	32.970	601	1,79%
53	32.964	34.612	1.648	5,00%
54	35.829	34490	1.339	3,74%
55	40.536	35.063	5.473	13,50%
56	30.657	32.482	1.825	5,95%
57	24.964	29331	4.367	17,49%
58	24.750	25.844	1.094	4,42%
59	26.343	26.682	339	1,29%
60	29.786	27.001	2.785	9,35%
<b>Nilai MAPE Keseluruhan</b>				<b>7,89%</b>

Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai MAPE menggunakan metode FTSC orde dua dengan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode tersebut dalam meramalkan harga bawang merah. Perhitungan nilai MAPE metode FTSC orde dua dengan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat disajikan pada Tabel 4.29.

**Tabel 4.29** Nilai MAPE FTSC Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)

<b>t</b>	<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan Adaptif</b>	<b>Error Absolut</b>	<b>Persentase Error</b>
1	24.566	-	-	-
2	24.625	-	-	-
3	28.083	27.406	677	2,41%
4	28.875	28.644	231	0,80%
5	29.733	29.516	217	0,73%
6	28.833	28.809	24	0,08%
7	27.917	27.827	90	0,32%
8	25.067	25.754	687	2,74%
9	21.083	25.172	4.089	19,39%
10	19.458	21.602	2.144	11,02%
11	20.867	24.165	3.298	15,80%
12	27.583	24.306	3.277	11,88%
13	37.133	36.786	348	0,94%
14	32.625	32.720	95	0,29%
15	30.279	30.684	405	1,34%
16	39.014	38.376	638	1,63%
17	44.345	43.213	1.132	2,55%
18	49.124	47.710	1.414	2,88%
19	39.067	40.261	1.194	3,06%
20	32.333	32.913	580	1,79%
21	29.083	29.069	14	0,05%
22	32.200	31.915	285	0,89%
23	39.833	38.568	1.265	3,17%
24	39.867	39.332	535	1,34%
25	34.607	34.381	226	0,65%
26	32.321	32.467	146	0,45%
27	33.250	35.443	2.193	6,59%
28	30.171	30.746	575	1,91%

29	30.071	30.438	367	1,22%
30	29.857	29.636	221	0,74%
31	31.486	31.200	286	0,91%
32	35.000	35.524	524	1,50%
33	26.914	27.453	539	2,00%
34	27.750	27.635	115	0,41%
35	27.286	27.719	433	1,59%
36	25.886	25.691	195	0,75%
37	28.393	25.253	3.140	11,06%
38	33.107	33.233	126	0,38%
39	35.400	35.686	286	0,81%
40	29.714	35.189	5.475	18,43%
41	29.643	29.600	43	0,15%
42	38.943	38.313	630	1,62%
43	50.286	47.170	3.116	6,20%
44	45.750	44.341	1.409	3,08%
45	33.971	34.969	998	2,94%
46	31.964	32.404	440	1,38%
47	38.179	35.407	2.772	7,26%
48	37.771	37.845	74	0,20%
49	41.036	40.447	589	1,44%
50	40.893	40.773	120	0,29%
51	34.171	34.483	312	0,91%
52	33.571	33.811	240	0,71%
53	32.964	34.742	1.778	5,39%
54	35.829	34.681	1.148	3,20%
55	40.536	35.232	5.304	13,08%
56	30.657	31.475	818	2,67%
57	24.964	26.028	1.064	4,26%
58	24.750	24.468	282	1,14%
59	26.343	26.428	85	0,32%

60	29.786	29.263	523	1,76%
<b>Nilai MAPE Keseluruhan</b>				3,32%

Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai MAPE menggunakan metode FTSC orde dua berdasarkan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode tersebut dalam meramalkan harga bawang merah. Perhitungan nilai MAPE metode FTSC orde dua berdasarkan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata disajikan pada Tabel 4.30.

**Tabel 4.30** Nilai MAPE Metode FTSC Orde Dua (Distribusi Data Merata)

<b>t</b>	<b>Data Aktual</b>	<b>Peramalan Adaptif</b>	<b>Error Absolut</b>	<b>Persentase Error</b>
1	24.566	-	-	-
2	24.625	-	-	-
3	28.083	27.506	577	2,06%
4	28.875	28.531	344	1,19%
5	29.733	29.742	9	0,03%
6	28.833	28.696	137	0,48%
7	27.917	27.926	9	0,03%
8	25.067	25.457	390	1,55%
9	21.083	22.001	918	4,35%
10	19.458	21.602	2.144	11,02%
11	20.867	24.214	3.347	16,04%
12	27.583	24.355	3.228	11,70%
13	37.133	36.620	513	1,38%
14	32.625	32.833	208	0,64%
15	30.279	30.684	405	1,34%
16	39.014	37.881	1.133	2,90%
17	44.345	43.213	1.132	2,55%
18	49.124	47.710	1.414	2,88%
19	39.067	39.765	698	1,79%
20	32.333	33.027	694	2,15%

21	29.083	29.522	439	1,51%
22	32.200	32.028	172	0,53%
23	39.833	39.064	769	1,93%
24	39.867	39.827	40	0,10%
25	34.607	34.876	269	0,78%
26	32.321	32.581	260	0,80%
27	33.250	33.131	119	0,36%
28	30.171	30.746	575	1,91%
29	30.071	29.872	199	0,66%
30	29.857	29.862	5	0,02%
31	31.486	34.689	3.203	10,17%
32	35.000	35.029	29	0,08%
33	26.914	27.750	836	3,11%
34	27.750	27.734	16	0,06%
35	27.286	27.025	261	0,96%
36	25.886	26.186	300	1,16%
37	28.393	28.311	82	0,29%
38	33.107	32.738	369	1,12%
39	35.400	35.191	209	0,59%
40	29.714	35.385	5.671	19,08%
41	29.643	29.826	183	0,62%
42	38.943	34.668	4.275	10,98%
43	50.286	47.170	3.116	6,20%
44	45.750	44.341	1.409	3,08%
45	33.971	35.464	1.493	4,40%
46	31.964	31.951	13	0,04%
47	38.179	38.049	130	0,34%
48	37.771	37.680	91	0,24%
49	41.036	40.612	424	1,03%
50	40.893	40.938	45	0,11%
51	34.171	34.979	808	2,36%

52	33.571	33.316	255	0,76%
53	32.964	33.256	292	0,88%
54	35.829	35.177	652	1,82%
55	40.536	35.428	5.108	12,60%
56	30.657	31.475	818	2,67%
57	24.964	25.731	767	3,07%
58	24.750	25.161	411	1,66%
59	26.343	25.933	410	1,56%
60	29.786	29.489	297	1,00%
<b>Nilai MAPE Keseluruhan</b>				2,84%

Setelah dilakukannya perhitungan nilai MAPE dari masing-masing pendekatan, dapat disimpulkan pada Tabel 4.31 untuk mempermudah dalam membandingkan akurasi antara metode *Cheng* orde dua untuk peramalan harga bawang merah di Kota Singkawang.

**Tabel 4.31** Nilai MAPE Metode FTSC Orde Dua

<i>Fuzzy Time Series Cheng</i> Orde Dua ( <i>Sturges</i> )	<i>Fuzzy Time Series Cheng</i> Orde Dua (Frekuensi Bertingkat)	<i>Fuzzy Time Series Cheng</i> Orde Dua (Distribusi Data Merata)
7,89%	3,32%	2,84%

Berdasarkan Tabel 4.31, metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua berdasarkan pendekatan *Sturges* menghasilkan nilai MAPE sebesar 7,89%, metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua berdasarkan pendekatan subinterval frekuensi bertingkat menghasilkan nilai MAPE sebesar 3,32%, dan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua berdasarkan pendekatan distribusi data merata menghasilkan nilai MAPE sebesar 2,84%. Oleh karena itu, pendekatan distribusi data merata pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua menunjukkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan yang lain, karena memiliki tingkat kesalahan

(*error*) yang lebih rendah dalam peramalan harga bawang merah di Kota Singkawang.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan menggunakan pendekatan distribusi data merata pada metode *Fuzzy Time Series* orde dua lebih mendekati data aktual dibandingkan pendekatan *Sturges* dan subinterval frekuensi bertingkat pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua.

#### 4.6 Relevansi Ilmu dan Akurasi dalam Islam

Dalam melaksanakan suatu kegiatan ilmiah, khususnya dalam melakukan analisis dan prediksi seperti pada penelitian ini, dibutuhkan landasan pengetahuan dan kehati-hatian. Islam sangat menekankan pentingnya bertindak berdasarkan ilmu, bukan sekadar mengikuti dugaan atau asumsi tanpa dasar. Setiap keputusan dan tindakan, terlebih yang berkaitan dengan data dan hasil analisis, harus dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maupun moral. Allah SWT juga berfirman dalam Q.S. Al-Isra' ayat 36 (Kementerian Agama, 2022e):

وَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عِلْمٌ ۚ إِنَّ السَّمْعَ وَالْبَصَرَ وَالْفُؤَادَ كُلُّ أُولَٰئِكَ كَانَ عَنْهُ مَسْئُولًا ﴿٣٦﴾

“Janganlah engkau mengikuti sesuatu yang tidak kau ketahui. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan, dan hati nurani, semua itu akan diminta pertanggungjawabannya.” (QS. Al-Isra’: 36)

Ayat ini menekankan pentingnya sikap kehati-hatian dalam berbicara dan bertindak. Allah SWT melarang manusia mengikuti sesuatu tanpa dasar ilmu yang jelas, baik dalam bentuk ucapan maupun perbuatan. Dalam *Tafsir Al-Qur’anul Majid* Jilid 3 karya Ash-Shiddieqy (2000), dijelaskan bahwa seseorang tidak boleh mencari-cari atau menyebarkan sesuatu yang tidak diketahui kebenarannya. Hal ini bertujuan agar manusia tidak terjebak dalam kesalahan informasi yang dapat merugikan diri sendiri maupun orang lain. Dalam konteks penelitian dan analisis

data, seperti prediksi, ayat ini menjadi pengingat agar setiap keputusan atau hasil prediksi didasarkan pada data dan metode yang valid, bukan sekadar asumsi atau dugaan semata.

Para mufassir memberikan beberapa penjelasan tentang ayat ini. Ibn Abbas menegaskan bahwa seseorang tidak boleh menjadi saksi kecuali atas sesuatu yang benar-benar ia lihat, dengar, dan ingat. Qatadah memperingatkan agar manusia tidak mengklaim telah mengetahui sesuatu tanpa bukti yang jelas. Pendapat lain menyatakan bahwa ayat ini melarang pengambilan keputusan hanya berdasarkan prasangka atau dugaan yang tidak memiliki dasar kuat. Dalam dunia prediksi, hal ini berarti bahwa model atau metode yang digunakan harus berdasarkan analisis ilmiah yang objektif. Menggunakan metode prediksi tanpa validasi yang baik dapat menghasilkan informasi yang menyesatkan dan berpotensi merugikan banyak pihak, misalnya dalam peramalan harga komoditas, ekonomi, atau tren sosial.

Selain itu, ayat ini juga mengingatkan bahwa pendengaran, penglihatan, dan hati akan dimintai pertanggungjawaban. *“Innas sam’a wal baṣara wal fuada kullu ula’ika kana ‘anhu masula”* yang berarti bahwa setiap manusia harus bertanggung jawab atas bagaimana ia menggunakan pancaindra dan akalnya. Dalam penelitian prediksi, ini mengajarkan bahwa seorang peneliti harus berhati-hati dalam memilih data, menerapkan metode, dan menyimpulkan hasil. Kesalahan dalam prediksi yang disebabkan oleh kecerobohan atau ketidaktelitian dapat berdampak luas, terutama dalam mengambil suatu keputusan strategis di berbagai bidang.

Ayat ini mengajarkan untuk selalu berpegang pada ilmu dan kebenaran dalam setiap langkahnya, termasuk dalam melakukan prediksi. Islam mengajarkan bahwa keputusan yang baik harus berbasis pada data yang dapat dipertanggungjawabkan,

bukan sekadar perkiraan subjektif atau asumsi. Terdapat hadist yang relevan dengan maksud ayat tersebut (Al Albani, 2006):

حَدَّثَنَا أَبُو مُوسَى الْأَنْصَارِيُّ، حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ إِدْرِيسَ، حَدَّثَنَا شُعْبَةُ، عَنْ بُرَيْدِ بْنِ أَبِي مَرْيَمَ، عَنْ أَبِي الْحَوْرَاءِ السَّعْدِيِّ، قَالَ: قُلْتُ لِلْحَسَنِ بْنِ عَلِيٍّ: مَا حَفِظْتَ مِنْ رَسُولِ اللَّهِ؟ قَالَ: حَفِظْتُ مِنْ رَسُولِ اللَّهِ: دَعْ مَا يَرِيكَ، إِلَى مَا لَا يَرِيكَ فَإِنَّ الصِّدْقَ طُمَأْنِينَةٌ، وَإِنَّ الْكُذْبَ رِيَّةٌ (رواه الترمذی)

*“Abu Musa Al Anshari menceritakan kepada kami, Abdullah bin Idris menceritakan kepada kami, Syu’bah menceritakan kepada kami, dari Buraid bin Abu Maryam, dari Abu Al Haura’ As-Sa’di, ia berkata: Aku berkata kepada Hasan bin Ali, “Apa yang kamu hapal dari ucapan Rasulullah?” ia menjawab, “Aku hapal sebuah hadits dari Rasulullah, “Tinggalkanlah yang meragukanmu, (dan gantilah) dengan apa yang tidak meragukanmu. Sesungguhnya kebenaran itu menimbulkan ketenangan dan kedustaan itu menyebabkan timbulnya keraguan.” (HR. Tirmidzi no. 2518)*

Hadits ini mengajarkan kita untuk menghindari hal-hal yang menimbulkan keraguan dalam kehidupan, baik dalam urusan agama, kehidupan sehari-hari, maupun keputusan-keputusan yang kita ambil. Ketika kita menghadapi sesuatu yang meragukan, kita dianjurkan untuk meninggalkannya dan memilih yang lebih pasti dan jelas, sehingga hati kita tidak dipenuhi oleh kebimbangan atau keraguan. Dalam penelitian ini, pemilihan metode prediksi yang lebih akurat menjadi cara untuk menghindari ketidakpastian dan spekulasi dalam harga komoditas. Dengan menggunakan metode yang teruji, para petani, pedagang, dan pemerintah dapat mengambil langkah-langkah yang lebih pasti dalam mengelola produksi dan distribusi bawang merah.

Dengan demikian, nilai-nilai Islam menekankan pentingnya kehati-hatian serta landasan keilmuan dalam setiap pengambilan keputusan, termasuk dalam proses prediksi berbasis data. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua tidak hanya dilihat dari keakuratan hasil secara statistik, tetapi juga dari dasar ilmiah yang mendasari penerapan masing-masing

metode. Metode *Cheng* yang menggunakan struktur interval dan logika *fuzzy*, keduanya memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap data historis dan pola yang terbentuk. Sejalan dengan ajaran Islam, setiap informasi atau hasil yang diperoleh melalui analisis tersebut harus melalui proses verifikasi ilmiah agar tidak menjadi dasar pengambilan keputusan yang keliru. Oleh karena itu, integrasi antara pendekatan ilmiah dan nilai-nilai Islam menjadi penting guna memastikan bahwa hasil penelitian tidak hanya bernilai akademis, tetapi juga memiliki tanggung jawab etis dalam penerapannya di tengah masyarakat.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang dibahas pada bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode *Fuzzy Time Series Cheng* (FTSC) orde dua telah diterapkan dalam penelitian ini untuk memprediksi harga bawang merah di Kota Singkawang dengan tiga pendekatan pembagian interval yang berbeda, yaitu pendekatan *Sturges*, pendekatan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat, dan pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata. Setiap pendekatan melalui tahapan pembentukan interval, fuzzifikasi data, pembentukan FLR dan FLRG, perhitungan bobot, hingga perhitungan peramalan adaptif. Meskipun dilakukan tahapan perhitungan yang sama, namun perbedaan struktur interval menghasilkan susunan relasi *fuzzy* yang berbeda sehingga mempengaruhi hasil prediksi akhir.
2. Pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata pada *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua menghasilkan tingkat akurasi terbaik dibandingkan pendekatan *Sturges* dan modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat dalam memprediksi harga bawang merah di kota Singkawang. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata lebih rendah yakni sebesar 2,84% sedangkan pendekatan lainnya, yaitu *Sturges* memiliki nilai MAPE sebesar 7,89% dan pendekatan

modifikasi subinterval berdasarkan frekuensi bertingkat sebesar 3,32%. Artinya, hasil prediksi pendekatan modifikasi subinterval dengan distribusi data yang merata pada FTSC orde dua lebih mendekati data aktual.

## 5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yakni sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya membandingkan efektivitas metode *Fuzzy Time Series Cheng* orde dua berdasarkan tiga pendekatan pembagian interval. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mengeksplorasi kombinasi metode *Fuzzy* lainnya, seperti integrasi dengan metode optimasi atau menerapkan metode orde lebih tinggi guna meningkatkan akurasi prediksi
2. Melakukan pengembangan terhadap sistem prediksi berbasis komputer atau aplikasi yang menerapkan metode FTSC orde dua agar dapat membantu masyarakat dalam memperkirakan harga komoditas secara praktis.
3. Melakukan pengujian terhadap data lainnya, seperti komoditas pertanian lainnya, emas, dan lain-lain untuk melihat apakah terdapat perbedaan efektivitas di berbagai jenis produk tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Albani, M. N. (2006). *Shahih Sunan At-Tirmidzi* (Penerjemah: Fachrurazi; Editor: Edi Fr., Abu Rania). Pustaka Azzam.
- Arnita, Afnisah, N., & Marpaung, F. (2020). A Comparison of the Fuzzy Time Series Methods of Chen, Cheng and Markov Chain in Predicting Rainfall in Medan. *Journal of Physics: Conference Series*, 1462(1).
- Ash-Shiddieqy, T. M. H. (2000). *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur* (Cetakan Kedua, Edisi Kedua). PT. Pustaka Rizki Putra.
- Aswi & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu Aplikasi dan Teori*. Makassar: Andira Publisher.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Laporan Distribusi Komoditas Hortikultura di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting*. Springer.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. John Wiley & Sons.
- Chen, S. M. (2002). Forecasting enrollments based on high-order fuzzy time series. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 33(1), 1–16.
- Cheng, C. H. (1996). A new fuzzy time series model based on fuzzy logical relationships. *Fuzzy Sets and Systems*, 91(3), 313-319.
- 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.
- Chiulli, R. M. (1999). *Quantitative Analysis: An Introduction*. Automation & Production Systems.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- 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.
- Huarng, K. (2001). Heuristic models of fuzzy time series for forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 123(3), 369-386.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice*. OTexts.
- Ismiarti, D., Nafisah, J. S., Alisah, E., & Sujarwo, I. (2023). *Perbandingan Uji Akurasi Fuzzy Time Series Model Cheng dan Lee dalam Memprediksi Perkembangan Harga Cabai Rawit*. *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, 2(4), 154–160.

- Jatipaningrum, M. T. (2016). Peramalan Data Produk Domestik Bruto. *Jurnal Teknologi*, 9, 1–8.
- Kementerian Agama. (2022a). *Qur'an Kemenag*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/13?from=11&to=11>
- Kementerian Agama. (2022b). *Qur'an Kemenag*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/12?from=47&to=49>
- Kementerian Agama. (2022c). *Qur'an Kemenag*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/59?from=18&to=18>
- Kementerian Agama. (2022d). *Qur'an Kemenag*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/28?from=77&to=77>
- Kementerian Agama. (2022e). *Qur'an Kemenag*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/17?from=36&to=36>
- Kementerian Pertanian. (2022). *Statistik Hortikultura 2022*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and Applications* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Novalyn, E. T., Ginting, G., & Siburian, H. K. (2018). Pemanfaatan Metode CART dalam Memprediksi Omzet Pakaian Pria Remaja (studi kasus: PT. Matahari Department Store Thamrin Plaza Medan). *Pelita Informatika*, 7(2), 199-206.
- Rahayu, D., Pratama, A., & Wijaya, S. (2021). "Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Hortikultura di Indonesia." *Jurnal Agroekologi Indonesia*, 5(1), 35-47.
- Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). Fuzzy time series and its models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54(3), 269-277.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sumartini, S., Hayati, M. N., & Wahyuningsih, S. (2017). *Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng*. *Jurnal Eksponensial*, 8(1), 51–56.
- Tsaur, R. C. (2012). A fuzzy time series-Markov chain model with an application to forecast the exchange rate between the Taiwan and us Dollar. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 8(7 B), 4931–4942.

## RIWAYAT HIDUP



Rini Ariyani, lahir di Sumenep pada bulan Juni tahun 2003, tinggal di Desa Tuban, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung, Bali. Anak kedua dari dua bersaudara, putri dari pasangan bapak H. Matsuri dan ibu Hj. Mu'inna.

Pendidikan taman kanak-kanak ditempuh di TK Kartika VII-4 Tuban dan lulus pada tahun 2009. Pendidikan dasar dilanjutkan di SD No. 2 Tuban dan lulus pada tahun 2015. Pendidikan menengah pertama dijalani di SMP Ibrahimy 3 Sukorejo dan lulus pada tahun 2018, kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Ibrahimy Sukorejo dan lulus pada tahun 2021. Selanjutnya menempuh pendidikan tinggi sejak tahun 2021 di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, mengambil jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Penulis dapat dihubungi melalui email: [riniariyani216@gmail.com](mailto:riniariyani216@gmail.com).



**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Rini Ariyani  
NIM : 210601110033  
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika  
Judul Skripsi : Efektivitas Metode Fuzzy Time Series Cheng Orde Dua dengan Tiga Pendekatan Pembagian Interval terhadap Prediksi Harga Bawang Merah di Kota Singkawang  
Pembimbing I : Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D  
Pembimbing II : Erna Herawati, M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	6 September 2024	Konsultasi Topik dan Data	1.
2.	30 September 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	2.
3.	10 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	3.
4.	22 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	4.
5.	29 Oktober 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	5.
6.	1 November 2024	ACC Bab I, II, dan III	6.
7.	23 Oktober 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	7.
8.	12 November 2024	ACC Kajian Agama Bab I dan II	8.
9.	12 November 2024	ACC Seminar Proposal	9.
10.	10 Februari 2025	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	10.
11.	12 Maret 2025	Konsultasi Bab IV dan V	11.
12.	11 April 2025	Konsultasi Bab IV dan V	12.
13.	24 April 2025	Konsultasi Bab IV dan V	13.
14.	29 April 2025	ACC Bab IV dan V	14.



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

15.	13 Februari 2025	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	15.
16.	23 April 2025	ACC Kajian Agama Bab IV	16.
17.	29 April 2025	ACC Seminar Hasil	17.
18.	5 Mei 2025	ACC Seminar Hasil lanjutan	18.
19.	27 Mei 2025	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	19.
20.	10 Juni 2025	ACC Sidang Skripsi	20.
21.	17 Juni 2025	ACC Keseluruhan	21.

Malang, 17 Juni 2025

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Ely Susanti, M.Sc.  
NIR. 19741129 200012 2 005