

**PERBANDINGAN MODEL CHEN DAN MODEL MARKOV CHAIN  
PADA METODE *FUZZY TIME SERIES* UNTUK PERAMALAN  
NILAI TUKAR PETANI DI LAMPUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

***Dhea Nisa Yustia Rizki***  
**NPM. 1717031079**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## **ABSTRACT**

### **A COMPARISON OF CHEN MODEL AND MARKOV CHAIN MODEL IN FUZZY TIME SERIES METHOD FOR FORECASTING FARMER EXCHANGE RATE IN LAMPUNG**

**By**

**DHEA NISA YUSTIA RIZKI**

The Fuzzy Time Series (FTS) method is a forecasting method that uses the concept of fuzzy sets as the basis for forecasting modeling. Some of the methods available in FTS are the FTS method of Chen model and the FTS method of Markov Chain model. This study aims to compare the results of forecasting data on farmer exchange rates in Lampung and choose which method is the best of the two methods by looking at the smallest MAE (Mean Absolute Error) and MAPE (Mean Absolute Percentage Error) values. The result of the study indicates that the FTS method of Markov Chain model is the best method compared to the FTS method of Chen model.

**Keywords:** Forecasting, Fuzzy Time Series, Chen Model, Markov Chain Model, MAE, MAPE.

## ABSTRAK

### PERBANDINGAN MODEL CHEN DAN MODEL MARKOV CHAIN PADA METODE *FUZZY TIME SERIES* UNTUK PERAMALAN NILAI TUKAR PETANI DI LAMPUNG

Oleh

**DHEA NISA YUSTIA RIZKI**

Metode *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan metode peramalan yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar pemodelan peramalan. Beberapa metode yang ada di FTS adalah metode FTS model Chen dan metode FTS model Markov Chain. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil peramalan data nilai tukar petani di Lampung dan memilih metode mana yang terbaik diantara kedua metode tersebut dengan melihat nilai MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) terkecil. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode FTS model Markov Chain merupakan metode terbaik dibanding FTS model Chen.

**Kata Kunci:** Peramalan, *Fuzzy Time Series*, Model Chen, Model Markov Chain, MAE, MAPE.

**PERBANDINGAN MODEL CHEN DAN MODEL MARKOV CHAIN  
PADA METODE *FUZZY TIME SERIES* UNTUK PERAMALAN  
NILAI TUKAR PETANI DI LAMPUNG**

**Oleh**

**Dhea Nisa Yustia Rizki**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA MATEMATIKA**

Pada

Jurusan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

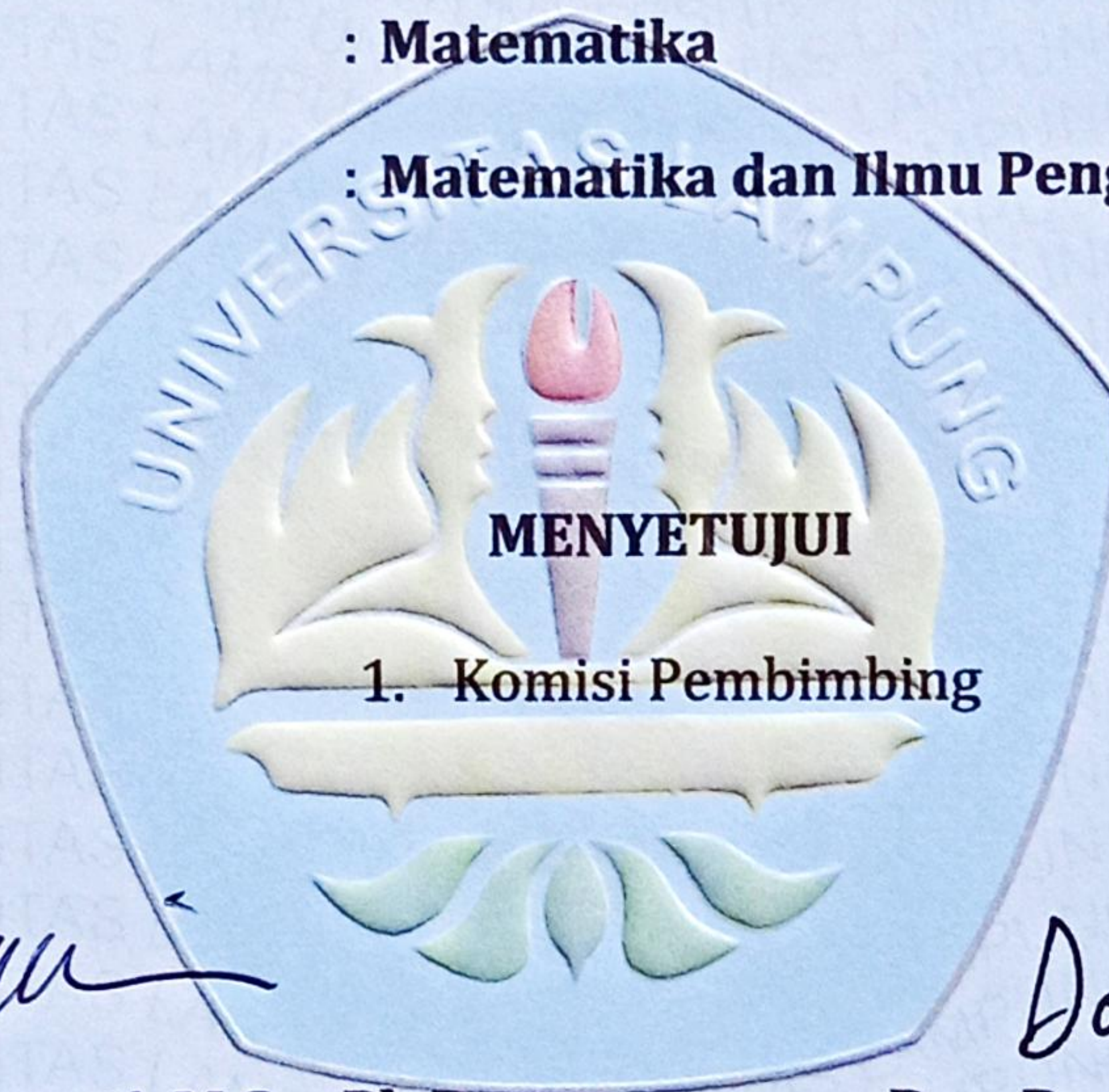
Judul Skripsi : **PERBANDINGAN MODEL CHEN DAN MODEL MARKOV CHAIN PADA METODE FUZZY TIME SERIES UNTUK PERAMALAN NILAI TUKAR PETANI DI LAMPUNG**

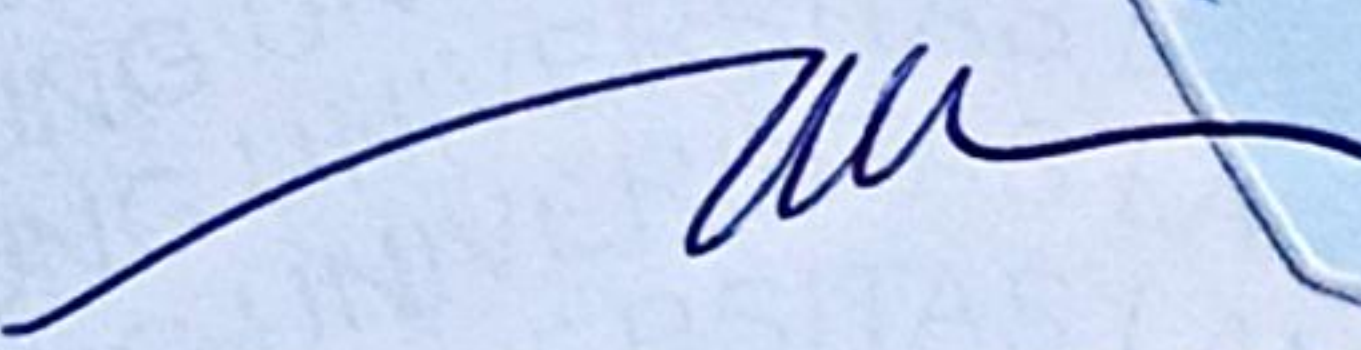
Nama Mahasiswa : **Dhea Nisa Yustia Rizki**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1717031079**

Jurusan : **Matematika**

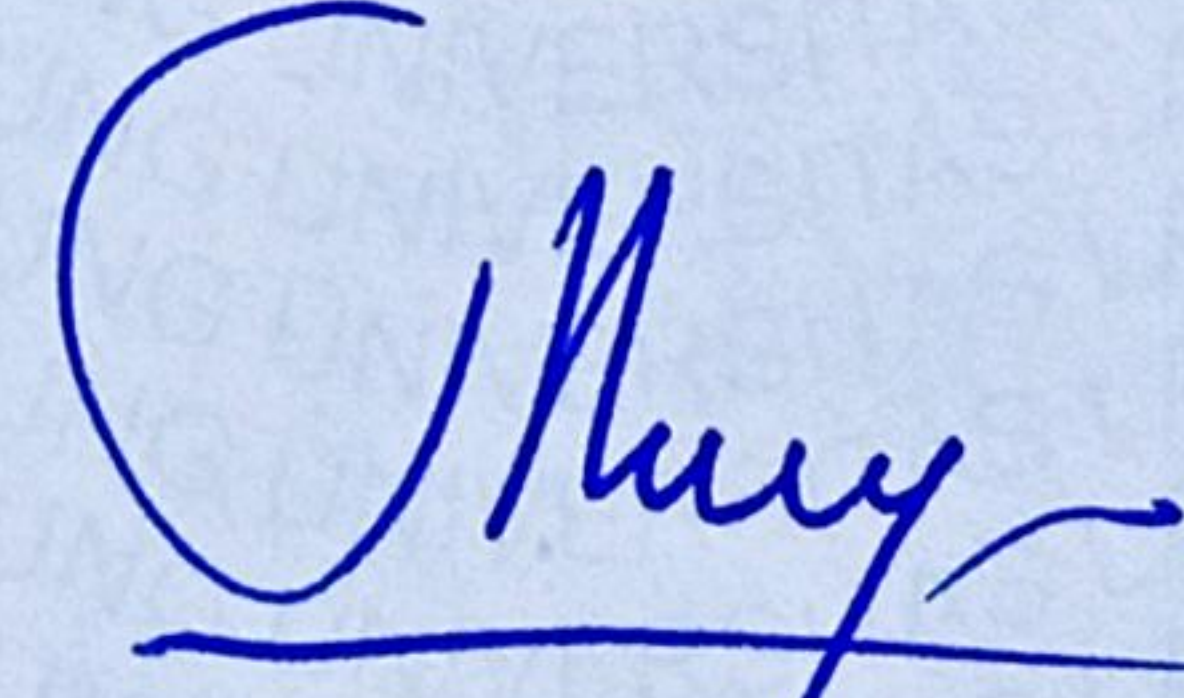
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



  
**Ir. Netti Herawati, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19650125 199003 2 001

  
**Dra. Dorrah Aziz, M.Si.**  
NIP. 19610128 198811 2 001

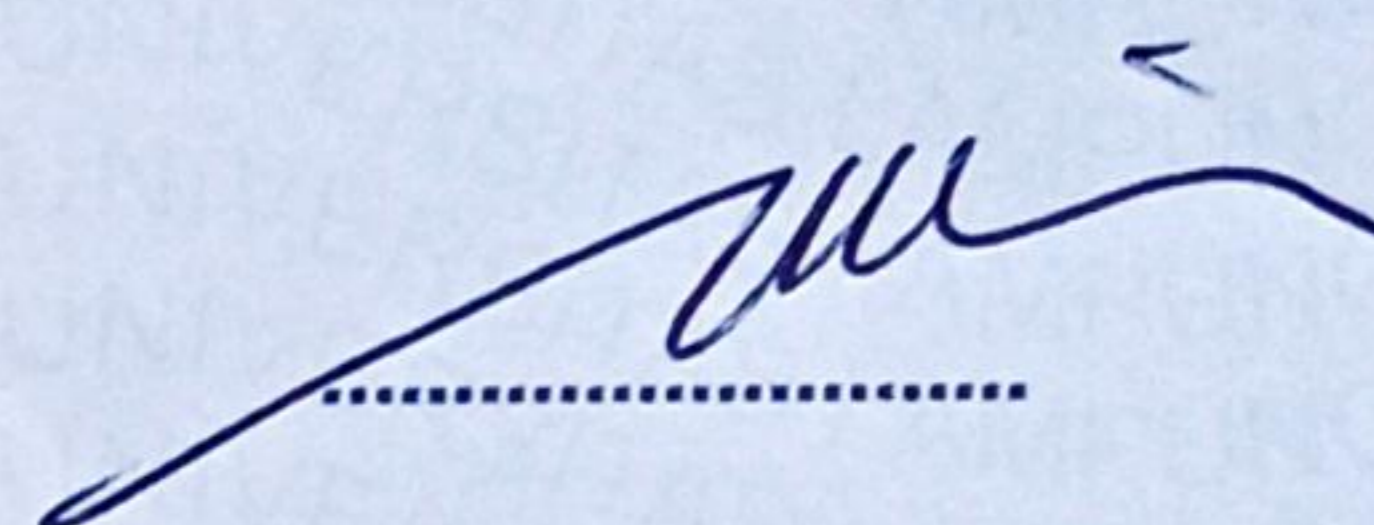
2. Ketua Jurusan Matematika

  
**Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.**  
NIP 19740316 200501 1 001

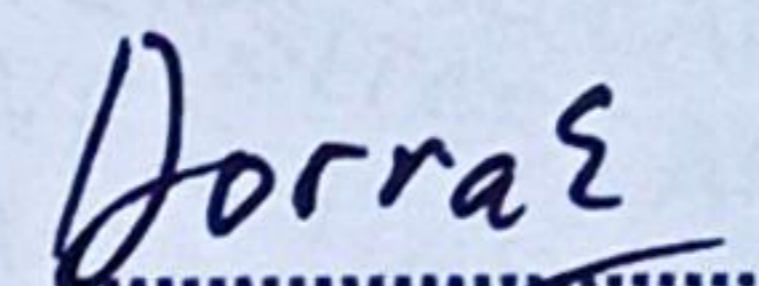
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

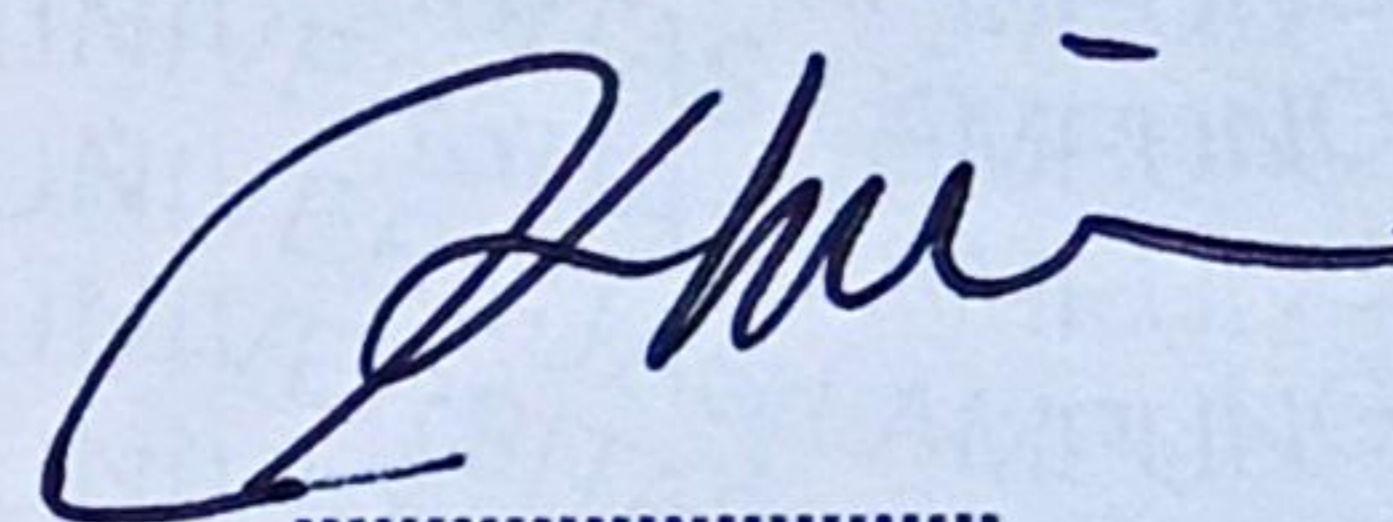
**Ketua Penguji : Ir. Netti Herawati, M.Sc., Ph.D.**



**Sekretaris : Dra. Dorrah Aziz, M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Juli 2021**

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Dhea Nisa Yustia Rizki**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1717031079**

Jurusan : **Matematika**

Judul Skripsi : **Perbandingan Model Chen dan Model Markov Chain pada Metode *Fuzzy Time Series* untuk Peramalan Nilai Tukar Petani di Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Juli 2021  
Penulis,



**Dhea Nisa Yustia Rizki**  
NPM. 1717031079

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Dhea Nisa Yustia Rizki, lahir di Bandung pada tanggal 14 April 1999. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Tatang Agus Permana dan Ibu Muazah.

Penulis memulai pendidikan di TK Dharma Wanita Persatuan Sabuk Empat pada tahun 2004-2005. Kemudian melanjutkan ke sekolah dasar di SD Negeri Sabuk Empat pada tahun 2005-2011, sekolah menengah pertama di MTS Negeri 1 Kotabumi pada tahun 2011-2014, dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 3 Kotabumi pada tahun 2014-2017. Pada tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa S1 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi dalam kampus antara lain menjadi generasi muda Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) dan KMB XIII BEM Universitas Lampung periode 2017, Anggota Bidang Eksternal HIMATIKA periode 2018, Sekretaris Bidang Eksternal HIMATIKA periode 2019, dan Anggota Divisi Infokom & Eksternal IKAHIMATIKA Wilayah 2 periode 2019.



Sebagai bentuk penerapan ilmu yang dipelajari, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung pada bulan Januari-Februari 2020. Sedangkan pada bulan Juli-Agustus 2020, selama 40 hari penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode kedua di Desa Pekurun Induk Kecamatan Abung Pekurun Kabupaten Lampung Utara, sebagai bentuk pengabdian mahasiswa kepada masyarakat dan menjalankan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

## **KATA INSPIRASI**

*“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”*

*(Q.S. Al-Insyirah : 6-8)*

*“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”*

*(Q.S. Al-Baqarah : 153)*

*“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”*

*(Q.S. Al-Baqarah : 286)*

*“Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”*

*(H.R. Muslim)*

*“Tidak masalah seberapa lambat kamu berjalan, asalkan kamu tidak berhenti.”*

*(Confucius)*

## **PERSEMBAHAN**

*Dengan mengharap rahmat dan keridhaan Allah SWT, kupersembahkan karya sederhana ini kepada:*

### ***Bapak, Ibu, dan Adik Tercinta***

*Yang telah mencurahkan semua pengorbanan, doa, kasih sayang, dan dukungan tiada henti. Terima kasih sudah menjadi rumah dan tempat berpulang dari segala keluh kesah atas hal-hal pelik yang datang.*

### ***Dosen Pembimbing dan Penguji***

*Yang senantiasa telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan ilmu yang berharga kepada penulis.*

### ***Sahabat-Sahabatku***

*Yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa, serta selalu membantu penulis selama masa perkuliahan.*

***Almamater Tercinta Universitas Lampung***

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah serta karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul “**Perbandingan Model Chen dan Model Markov Chain pada Metode *Fuzzy Time Series* untuk Peramalan Nilai Tukar Petani di Lampung**” dapat terselesaikan dengan baik.

Terselesaikan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, saran, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Ir. Netti Herawati, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis, menyumbangkan ilmu, memberikan motivasi dan arahan, serta kesediaan waktu yang diberikan.
2. Ibu Dra. Dorrah Aziz, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing penulis, memberikan motivasi dan arahan, serta kesediaan waktu yang diberikan.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji atas kesediaannya untuk menguji, memberikan saran dan kritik yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Subian Saidi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

7. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika yang telah memberikan ilmu dan bantuan yang berguna bagi penulis.
8. Orang tua, adik, dan seluruh keluarga yang selalu menjadi semangat tersendiri bagi penulis dan tiada henti memberi dukungan, kasih sayang, motivasi, serta doa kepada penulis.
9. Sahabat terbaik penulis, Indah, Dewi, Yustika, Epmi, Nita, Inas, Atina yang siap mendengarkan keluh kesah, memberi semangat dan keceriaan, serta selalu membantu penulis dalam hal apapun.
10. Obi, Deo, Dani, Fifi, Kurnia, Nanda, telah menjadi teman terbaik selama kuliah, yang memberikan banyak cerita, pengalaman dan bantuan, serta selalu memberi semangat kepada penulis.
11. Anggota Bidang Eksternal HIMATIKA dan Pimpinan HIMATIKA periode 2019, serta Keluarga Besar HIMATIKA periode 2018 dan 2019 yang telah memberikan banyak pembelajaran dan pengalaman kepada penulis.
12. Teman-teman seperbimbingan sebagai tempat saling bertukar pikiran, memberikan saran, dan saling menyemangati selama proses penyelesaian skripsi.
13. Teman-teman “Lambetika C” atas kebersamaan dan canda tawanya selama masa perkuliahan.
14. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2017 atas kebersamaannya.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan baik isi maupun susunannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi bahan perbaikan untuk kedepannya.

Bandar Lampung, 12 Juli 2021  
Penulis,

**Dhea Nisa Yustia Rizki**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Analisis Deret Waktu .....	4
2.2 Peramalan.....	7
2.3 Logika <i>Fuzzy</i> .....	7
2.4 <i>Fuzzy Time Series</i> .....	9
2.5 <i>Fuzzy Time Series</i> Model Chen.....	11
2.6 <i>Fuzzy Time Series</i> Model Markov Chain.....	14
2.7 Ukuran Ketepatan Peramalan .....	17
2.7.1 <i>Mean Absolute Error</i> (MAE).....	18
2.7.2 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) .....	18
2.8 Nilai Tukar Petani .....	19
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Data Penelitian .....	20
3.3 Metode Penelitian .....	20
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Peramalan Metode <i>Fuzzy Time Series</i> Model Chen .....	22
4.1.1 Menentukan Semesta Pembicaraan (U).....	22
4.1.2 Pembentukan Interval .....	22
4.1.3 Melakukan <i>Fuzzifikasi</i> Data .....	24
4.1.4 Menentukan <i>Fuzzy Logical Relationship</i> (FLR) .....	25
4.1.5 Menentukan <i>Fuzzy Logical Relationship Group</i> (FLRG) FTS Model Chen .....	26
4.1.6 Melakukan <i>Defuzzifikasi</i> Data dan Peramalan FTS Model Chen.....	27
4.1.7 Menghitung Ketepatan Hasil Peramalan FTS Model Chen .....	29

4.2 Peramalan Metode <i>Fuzzy Time Series</i> Model Markov Chain.....	29
4.2.1 Menentukan <i>Fuzzy Logical Relationship Group</i> (FLRG) FTS Model Markov Chain .....	30
4.2.2 Menghitung Matriks Probabilitas Transisi .....	31
4.2.3 Menghitung Peramalan Awal FTS Model Markov Chain .....	32
4.2.4 Menghitung Nilai Penyesuaian Peramalan.....	33
4.2.5 Menghitung Peramalan Akhir FTS Model Markov Chain.....	33
4.2.6 Menghitung Ketepatan Hasil Peramalan FTS Model Markov Chain.....	35
4.3 Menentukan Metode Peramalan Terbaik .....	36
4.4 Peramalan dari Metode <i>Fuzzy Time Series</i> Terbaik.....	37

## **V. KESIMPULAN**

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai MAPE untuk Evaluasi Peramalan.....	19
2. Interval <i>Linguistik</i> Data.....	23
3. <i>Fuzzifikasi</i> Data.....	25
4. FLR Data.....	26
5. FLRG Data untuk FTS Model Chen.....	27
6. <i>Defuzzifikasi</i> Data .....	27
7. Nilai Peramalan FTS Model Chen.....	28
8. FLRG Data untuk FTS Model Markov Chain .....	30
9. Matriks Probabilitas Transisi .....	32
10. Nilai Peramalan FTS Model Markov Chain .....	34
11. Perbandingan Nilai <i>Error</i> Hasil Peramalan .....	36



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Data dengan Pola Data Horizontal.....	5
2. Data dengan Pola Data Musiman.....	5
3. Data dengan Pola Data Siklis.....	6
4. Data dengan Pola Data <i>Trend</i> .....	6
5. Proses Transisi Peramalan Berdasarkan FLRG .....	31
6. Plot Data Perbandingan Hasil Peramalan .....	37

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Deret waktu merupakan serangkaian pengamatan terhadap variabel yang diambil dari waktu ke waktu secara berurutan dengan interval waktu yang tetap baik seperti dalam bentuk data harian, mingguan, bulanan, triwulanan, dan tahunan (Makridakis, *et al.*, 1999). Data deret waktu biasanya digunakan untuk meramalkan atau memprediksi periode selanjutnya yang kemudian digunakan untuk mengambil keputusan yang berkenaan dengan hasil peramalan tersebut.

Peramalan merupakan teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang berdasarkan pada data masa lalu. Proses peramalan sangat penting pada data deret waktu karena diperlukan dalam proses pengambilan keputusan. Perkembangan metode peramalan data deret waktu yang cukup pesat mengakibatkan terdapat banyak pilihan metode yang dapat digunakan untuk meramalkan data sesuai dengan kebutuhan sehingga perlu membandingkan metode yang satu dengan metode yang lainnya untuk mendapatkan hasil ramalan dengan akurasi yang tinggi.

Metode peramalan yang tengah berkembang saat ini adalah *Fuzzy Time Series* (FTS). FTS pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. Metode ini menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar pemodelan peramalan. Peramalan dengan FTS adalah peramalan dengan mengolah pola data masa lalu kemudian digunakan untuk meramalkan data yang akan datang.

Beberapa metode yang ada di FTS adalah FTS model Chen dan FTS model Markov Chain.

Kesejahteraan petani merupakan arah dan tujuan dalam pembangunan bidang pertanian. Menurut Badan Pusat Statistik (2020), salah satu alat ukur yang digunakan untuk menilai tingkat kesejahteraan petani adalah Nilai Tukar Petani (NTP). Peramalan NTP memiliki fungsi penting agar pemerintah memiliki gambaran mengenai NTP dimasa mendatang dan dapat dijadikan tolak ukur dalam pengambilan keputusan guna meningkatkan pembangunan di bidang pertanian. Untuk menunjang hal tersebut perlu digunakan metode peramalan yang tepat agar dapat mendukung keputusan pembuat kebijakan guna menentukan target selanjutnya.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, penulis ingin membandingkan hasil peramalan data Nilai Tukar Petani (NTP) Provinsi Lampung bulan Januari 2016-Januari 2021 menggunakan metode FTS model Chen dan FTS model Markov Chain. Kemudian memilih metode terbaik diantara dua metode tersebut dengan melihat hasil akurasi yang tinggi dari perhitungan MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah memilih metode terbaik antara metode FTS model Chen dan FTS model Markov Chain dan melakukan peramalan metode terbaik.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang pengaplikasian logika *fuzzy* untuk peramalan data deret waktu melalui *fuzzy time series*.
2. Mengembangkan wawasan tentang metode peramalan data deret waktu.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

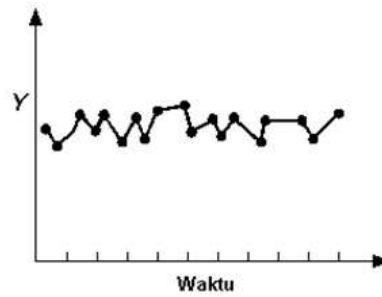
### 2.1 Analisis Deret Waktu

Deret waktu merupakan serangkaian pengamatan terhadap variabel yang diambil dari waktu ke waktu secara berurutan dengan interval waktu yang tetap baik seperti dalam bentuk data harian, mingguan, bulanan, triwulanan, dan tahunan (Makridakis, *et al.*, 1999). Data deret waktu dapat dijadikan sebagai dasar untuk pembuatan keputusan pada saat ini, peramalan keadaan suatu data deret waktu pada masa yang akan datang, dan perencanaan kegiatan untuk masa depan. Rangkaian data pengamatan deret waktu dinyatakan dengan variabel  $Y_t$ , dengan  $t$  adalah indeks waktu dari urutan pengamatan (Wei, 2006).

Dengan adanya data deret waktu, maka pola gerakan data dapat diketahui. Menurut Makridakis, *et al.* (1999), pola data deret waktu dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

#### 1. Pola horizontal

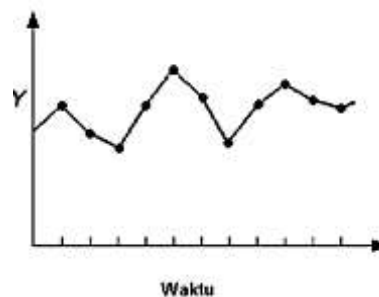
Pola horizontal terjadi bila data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Pola ini tidak memiliki *trend* yang meningkat ataupun menurun secara sistematis sepanjang waktu.



Gambar 1. Data dengan Pola Data Horizontal.

## 2. Pola musiman

Pola musiman (*seasonal*) terjadi bila data berfluktuasi periodik, tetapi periode waktunya sangat singkat yaitu satu tahun kurang. Gerakan musiman (*seasonal movement*) merupakan gerakan yang mempunyai pola-pola tetap atau identik dari waktu ke waktu dengan waktu yang kurang dari satu tahun. Dengan demikian jelas bahwa pola musiman adalah suatu pola yang berulang dalam jangka pendek.

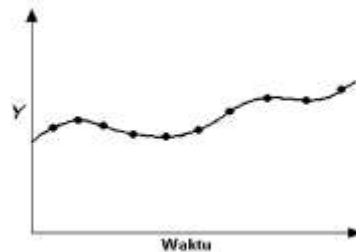


Gambar 2. Data dengan Pola Data Musiman.

## 3. Pola siklis

Pola siklis terjadi bila datanya dipengaruhi oleh gerakan naik turun di sekitar garis *trend* dalam jangka panjang. Gerakan terjadi di sekitar rata-rata nilai data berkala, di atas atau di bawah garis *trend* dalam jangka panjang.

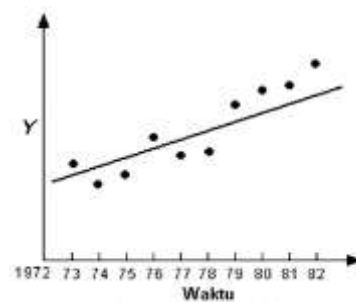
Gerakan siklis ini bisa berulang setelah jangka waktu tertentu, misalnya 3 tahun, 5 tahun atau bahkan lebih, tetapi bisa juga tidak berulang dalam jangka waktu yang sama.



Gambar 3. Data dengan Pola Data Siklis.

#### 4. Pola *trend*

Pola *trend* adalah gerakan berjangka panjang yang menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan dan penurunan secara keseluruhan. Gerakan *trend* jangka panjang tersebut merupakan suatu garis halus atau kurva yang menunjukkan suatu kecenderungan umum dari suatu data berkala. Kecenderungan tersebut arahnya bisa naik bisa juga turun.



Gambar 4. Data dengan Pola Data *Trend*.

## 2.2 Peramalan

Menurut Assauri (1984), peramalan (*forecasting*) adalah suatu kegiatan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Asumsi yang umum dipakai dalam peramalan adalah pola masa lampau akan berlanjut ke yang akan datang. Peramalan merupakan salah satu unsur yang sangat penting dari kegiatan pengambilan keputusan.

Terdapat dua langkah dasar yang harus dilakukan dalam membuat atau menghasilkan suatu peramalan yang akurat dan berguna. Langkah dasar yang pertama adalah pengumpulan data yang relevan dengan tujuan peramalan yang dimaksud dan menurut informasi-informasi yang dapat menghasilkan peramalan yang akurat. Langkah dasar kedua adalah memilih metode peramalan yang tepat yang akan digunakan dalam mengolah informasi yang terkandung dalam data yang telah dikumpulkan.

## 2.3 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh dan merupakan alat matematika untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian. Teori *fuzzy* menyediakan langkah-langkah untuk mewakili konsep *linguistik* seperti “banyak”, “sedikit”, “rendah”, “medium”, “sering”. Secara umum, logika *fuzzy* memberikan struktur kesimpulan yang memungkinkan kemampuan sesuai penalaran manusia. Teori logika *fuzzy* didasarkan atas konsep derajat keanggotaan relatif. Manfaat dari logika *fuzzy* terletak pada kemampuannya untuk memodelkan ketidakpastian dan ketidakjelasan (Sivanandam, *et al.*, 2007).



Logika *fuzzy* menjadi alternatif dari berbagai sistem yang ada dalam pengambilan keputusan karena logika *fuzzy* mempunyai kelebihan sebagai berikut:

1. Logika *fuzzy* memiliki konsep yang sangat sederhana sehingga mudah untuk dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu mensistemkan fungsi-fungsi non-linier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman atau pengetahuan dari para pakar.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Menurut Kusumadewi (2003), ada beberapa hal penting yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* adalah variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Variabel *fuzzy* seperti temperatur, umur, permintaan, persediaan, dan sebagainya.

2. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam satu variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* merupakan generalisasi dari himpunan klasik (*crisp*) yang memiliki nilai keanggotaan yang dibatasi dengan interval  $[0, 1]$ . Sedangkan himpunan klasik hanya mempunyai dua kemungkinan nilai keanggotaan, yaitu 0 atau 1. Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1, yang berarti himpunan *fuzzy* dapat menjelaskan setiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi kelemahan dari himpunan klasik (*crisp*). Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu:

- a. *Linguistik*, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti pada temperatur yaitu dingin, normal, dan panas.
  - b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 40, 25, dan 50.
3. Himpunan Semesta atau Semesta Pembicaraan
- Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh semesta pembicaraan untuk variabel temperature  $[0, 40]$ .
4. Domain Himpunan *Fuzzy*
- Domain himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Contoh domain himpunan *fuzzy* untuk variabel temperatur adalah:
- a. Dingin:  $[0, 20]$
  - b. Normal:  $[20, 30]$
  - c. Panas:  $[30, 40]$

## 2.4 *Fuzzy Time Series*

*Fuzzy Time Series* (FTS) pertama kali diusulkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 yaitu dalam peramalan banyak pendaftar pada Universitas Alabama. FTS merupakan metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem peramalannya menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang. Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan FTS adalah himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan real atas himpunan semesta yang sudah ditentukan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan (Tauryawati & Irawan, 2014).

Beberapa kelebihan dalam metode peramalan FTS adalah sebagai berikut:

1. Tidak memerlukan asumsi apapun dalam melakukan peramalan.
2. Membantu proses peramalan dimana data historis tidak dalam bentuk angka real, namun berupa data nilai *linguistik*.
3. Memiliki tingkat akurasi yang tinggi.
4. Tidak memerlukan jumlah data historis dalam jumlah yang banyak.

Metode peramalan FTS juga memiliki beberapa kelemahan yaitu sebagai berikut:

1. Kurangnya pertimbangan dalam menentukan semesta pembicaraan.
2. Hanya meramal untuk jangka pendek.

Menurut Song & Chissom (1993), konsep-konsep dasar dalam metode peramalan FTS adalah sebagai berikut:

**Definisi 1.** Misal semesta pembicaraan  $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$  adalah himpunan bagian dari  $R$  yang ditentukan dengan himpunan *fuzzy*  $A_i$ . Jika  $F(t)$  terdiri dari  $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ , maka  $F(t)$  didefinisikan sebagai *fuzzy time series* pada  $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ .

**Definisi 2.** Misalkan bahwa  $F(t)$  hanya disebabkan oleh  $F(t - 1)$ , yaitu  $F(t - 1) \rightarrow F(t)$ . Maka relasi ini dapat dinyatakan sebagai  $F(t) = F(t - 1) \circ R(t, t - 1)$  dimana  $R(t, t - 1)$  adalah relasi *fuzzy* antara  $F(t - 1)$  dan  $F(t)$ , dan  $F(t) = F(t - 1) \circ R(t, t - 1)$  disebut model orde pertama dari  $F(t)$ .

Menurut Tsaur (2012), jika terdapat FLR yang diperoleh dari *state*  $A_2$ , kemudian transisi dibuat ke *state* yang lain  $A_j, j = 1, 2, \dots, n$ , seperti  $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$ . Maka FLR dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yaitu  $A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$ .

## 2.5 Fuzzy Time Series Model Chen

FTS model Chen diusulkan oleh Chen pada tahun 1996 dengan menyajikan metode baru untuk meramalkan pendaftaran mahasiswa di Universitas Alabama. FTS model Chen menerapkan operasi aritmatika yang disederhanakan dalam algoritma peramalan daripada operasi komposisi maksimum-minimum yang rumit yang disajikan oleh Song & Chissom (1993). FTS model Chen mengembangkan FTS dengan operasi sederhana, mengandung operasi matriks yang kompleks, dan memiliki pembobot yang sama besar. Menurut Chen (1996), langkah-langkah peramalan menggunakan FTS model Chen adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaraan atau  $U$ ).

Pada langkah ini dicari nilai minimum ( $D_{min}$ ) dan maksimum ( $D_{max}$ ) dari data historis. Kemudian menentukan nilai  $D_1$  dan  $D_2$ , dimana nilai tersebut ditentukan secara bebas oleh peneliti selama masih bernilai bilangan real positif. Nilai  $D_1$  dan  $D_2$  bertujuan untuk mempermudah dalam pembentukan interval. Rumus untuk himpunan semesta pembicaraan yaitu:

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

dengan:

$D_{min}$  = data minimum

$D_{max}$  = data maksimum

$D_1$  dan  $D_2$  adalah nilai bilangan positif yang sesuai

2. Pembentukan interval pada data yang diamati.

Pada langkah ini, semesta pembicaraan dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Untuk mengetahui banyak interval dapat menggunakan rumus *Sturges* sebagai berikut:

$$\text{jumlah interval} = 1 + 3,322 \log(N) \quad (2.2)$$

dengan:

$N$  = banyaknya data historis

Setelah jumlah interval didapat, selanjutnya menentukan panjang interval dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{panjang interval} = \frac{D_a - D_b}{\text{jumlah interval}} \quad (2.3)$$

dengan:

$$D_a = D_{max} + D_2$$

$$D_b = D_{min} - D_1$$

Maka setiap interval yang diperoleh yaitu:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1, D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l, D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - 1)l, D_{min} - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (2.4)$$

dengan:

$$l = \text{panjang interval}$$

$$n = \text{jumlah interval}$$

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy*  $A_i$  dan melakukan *fuzzifikasi* pada data yang diamati.

Misal  $U$  adalah semesta pembicaraan dengan  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ , dimana  $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$  adalah nilai *linguistik* yang mungkin dari  $U$  kemudian sebuah himpunan *fuzzy* variabel *linguistik*  $A_i$  dari  $U$  didefinisikan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.5)$$

dengan  $\mu_{A_i}(u_i)$  adalah fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan dari  $u_i$  ke  $A_i$ , dimana  $\mu_{A_i}(u_i) \in [0,1]$  dan  $1 \leq i \leq n$ .

Nilai derajat keanggotaan dari  $\mu_{A_i}(u_i)$  ditentukan menurut aturan berikut ini:

Aturan 1. Jika data aktual  $Y_t$  termasuk dalam  $u_i$ , maka derajat keanggotaan  $u_i$  adalah 1,  $u_{i+1}$  adalah 0,5 dan jika yang lainnya dinyatakan 0.

Aturan 2. Jika data aktual  $Y_t$  termasuk dalam  $u_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  maka derajat keanggotaan  $u_i$  adalah 1, untuk  $u_{i-1}$  dan  $u_{i+1}$  adalah 0,5 dan jika yang lainnya dinyatakan 0.

Aturan 3. Jika data aktual  $Y_t$  termasuk dalam  $u_i$ , maka derajat keanggotaan  $u_i$  adalah 1,  $u_{i-1}$  adalah 0,5 dan jika yang lainnya dinyatakan 0.

*Fuzzifikasi* merupakan proses mengidentifikasi data ke dalam himpunan *fuzzy*. Tahap *fuzzifikasi* berdasarkan interval efektif yang diperoleh dapat dibentuk nilai *linguistik* sesuai dengan banyaknya interval yang terbentuk. Jika sebuah data historis yang dikumpulkan termasuk ke dalam interval  $u_i$ , maka data tersebut di-*fuzzifikasi* ke dalam  $A_i$ .

4. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).

Menentukan FLR berdasarkan data yang diamati, dimana  $A_i \rightarrow A_j$  ditentukan berdasarkan nilai  $A_i$  yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dengan  $A_i$  adalah periode  $n$  dan  $A_j$  periode  $n+1$  pada data deret waktu.

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

Mengklasifikasikan FLR yang telah diperoleh dari langkah ke-4 ke dalam grup-grup sehingga terbentuk FLRG. FLRG merupakan pengelompokan dari setiap perpindahan *state* yang bertujuan untuk mempermudah perhitungan dari FLR yang sudah ada. Misalnya jika FLR berbentuk  $A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1$ , maka FLRG yang terbentuk adalah  $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$ .

6. Melakukan *defuzzifikasi* data dan menghitung nilai peramalan.

*Defuzzifikasi* adalah proses mengubah himpunan *fuzzy* menjadi nilai tegas.

Jika  $F(t-1) = A_i$ , maka nilai peramalan harus sesuai dengan beberapa aturan yaitu sebagai berikut:

Aturan 1. Jika FLRG dari  $A_i$  tidak ada atau himpunan kosong ( $A_i \rightarrow \emptyset$ ), maka peramalan  $F(t) = m_i$ .

Aturan 2. Jika hanya terdapat satu FLRG  $A_i \rightarrow A_j$ , maka peramalan  $F(t) = m_j$ .

Aturan 3. Jika FLRG dari  $A_i$  adalah satu ke banyak ( $A_i \rightarrow A_1, A_3, A_5$ ) maka peramalan  $F(t)$  adalah perhitungan rata-rata  $m_1, m_3, m_5$ , nilai titik tengah dari interval  $u_1, u_3, u_5$ .

Maka persamaan untuk mencari nilai peramalan akhir adalah sebagai berikut:

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} \quad (2.6)$$

dengan:

$F(t)$  = peramalan akhir

$m_i$  = nilai tengah dari  $A_i$

## 2.6 Fuzzy Time Series Model Markov Chain

FTS model Markov Chain merupakan konsep baru yang pertama kali diusulkan oleh Tsaur dalam penelitiannya untuk menganalisis keakuratan prediksi nilai tukar mata uang Taiwan dengan US Dolar. Dalam penelitiannya Tsaur menggabungkan metode FTS dengan rantai Markov, penggabungan tersebut bertujuan untuk memperoleh probabilitas terbesar menggunakan matriks probabilitas transisi. Menurut Tsaur (2012), langkah-langkah peramalan menggunakan metode FTS model Markov Chain adalah sebagai berikut:

1. Menentukan semesta pembicaraan ( $U$ ) seperti pada persamaan (2.1).
2. Semesta pembicaraan  $U$  tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama seperti pada persamaan (2.2) dan (2.3).
3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada  $U$  dan melakukan *fuzzifikasi* pada data historis yang diamati seperti pada persamaan (2.5).
4. Menentukan FLR berdasarkan data historis.
5. Menentukan kelompok-kelompok dari relasi logika *fuzzy* agar menjadi FLRG. Menentukan FLRG untuk FTS model Markov Chain dilakukan dengan memperhatikan pengulangan pada setiap FLR.
6. Menentukan matriks probabilitas transisi  $\mathbf{P}$  berdasarkan FLRG yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Matriks probabilitas transisi Markov ini berdimensi  $p \times p$ , dengan  $p$  merupakan banyaknya himpunan *fuzzy*.

Probabilitas transisi *state* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_i} \quad (2.7)$$

dengan:

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

$r_{ij}$  = banyak transisi dari *state*  $A_i$  ke  $A_j$

$r_i$  = banyak data yang termasuk dalam *state*  $A_i$

Matriks probabilitas transisi  $\mathbf{P}$  dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1P} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{P1} & P_{P2} & \cdots & P_{PP} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

#### 7. Menghitung nilai peramalan awal.

Aturan 1. Jika FLRG dari  $A_i$  tidak ada atau himpunan kosong ( $A_i \rightarrow \emptyset$ ), maka hasil peramalan  $F(t) = m_i$ , dengan  $m_i$  adalah nilai tengah dari interval  $u_i$ .

Aturan 2. Jika FLRG  $A_i$  adalah relasi satu ke satu (misalnya  $A_i \rightarrow A_p$  dimana  $P_{ip} = 1$  dan  $P_{ij} = 0, j \neq p$ ), maka hasil peramalan  $F(t) = m_p P_{ip} = m_p$ , dengan  $m_p$  adalah nilai tengah dari  $u_p$ .

Aturan 3. Jika FLRG  $A_j$  adalah relasi satu ke banyak (misalnya  $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j = 1, 2, \dots, n$ ), dimana data yang diambil  $Y_{t-1}$  pada waktu  $(t - 1)$  masuk dalam *state*  $A_j$ , maka hasil peramalan  $F_t$  adalah sebagai berikut:

$$F_t = m_1 P_{j1} + \cdots + m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_{jj} + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \cdots + m_n P_{jn} \quad (2.9)$$

dengan:

$m_1, \dots, m_n$  = nilai tengah dari  $u_1, \dots, u_n$

$Y(t-1) P_{jj}$  = data aktual pada  $(t-1)$



8. Mengatur nilai penyesuaian kecenderungan peramalan.

Nilai penyesuaian kecenderungan peramalan digunakan untuk mengurangi besarnya penyimpangan pada hasil peramalan. Beberapa aturan dalam menghitung nilai penyesuaian peramalan adalah sebagai berikut:

Aturan 1. Jika *state*  $A_i$  berhubungan dengan  $A_i$ , dimulai dari *state*  $A_i$  pada waktu  $(t - 1)$  sebagai  $F_{t-1} = A_i$  dan membuat transisi menaik ke *state*  $A_j$  pada waktu  $t$  dimana  $(i < j)$ , maka nilai penyesuaian kecenderungan  $Dt$  didefinisikan sebagai berikut:

$$D_{t1} = \frac{l}{2} \quad (2.10)$$

dengan  $l$  adalah panjang interval.

Aturan 2. Jika *state*  $A_i$  berhubungan dengan  $A_i$ , dimulai dari *state*  $A_i$  pada waktu  $(t - 1)$  sebagai  $F_{t-1} = A_i$  dan membuat transisi menurun ke *state*  $A_j$  pada waktu  $t$  dimana  $(i > j)$ , maka nilai penyesuaian kecenderungan  $Dt$  didefinisikan sebagai berikut:

$$D_{t1} = -\frac{l}{2} \quad (2.11)$$

Aturan 3. Jika transisi dimulai dari *state*  $A_i$  pada waktu  $(t - 1)$  sebagai  $F_{t-1} = A_i$  dan membuat transisi melompat maju ke *state*  $A_{i+s}$  pada waktu  $t$  dimana  $(1 \leq s \leq p - i)$ , maka nilai penyesuaian kecenderungan  $Dt$  didefinisikan sebagai berikut:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s \quad (2.12)$$

dengan  $s$  adalah banyaknya lompatan ke depan.

Aturan 4. Jika transisi dimulai dari *state*  $A_i$  pada waktu  $(t - 1)$  sebagai  $F_{t-1} = A_i$  dan membuat transisi melompat ke belakang *state*  $A_{i-v}$  pada waktu  $t$  dimana  $(1 \leq v \leq i)$ , maka nilai penyesuaian kecenderungan  $Dt$  didefinisikan sebagai berikut:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v \quad (2.13)$$

dengan  $v$  adalah banyaknya lompatan ke belakang.

9. Menentukan hasil peramalan akhir dengan penyesuaian kecenderungan nilai peramalan.

- Jika FLRG  $A_i$  adalah satu ke banyak dan  $state A_{i+1}$  dapat diperoleh dari  $A_i$  dimana  $state A_i$  berhubungan dengan  $A_i$  maka hasil peramalan adalah sebagai berikut:

$$F'(t) = F_t + D_{t1} + D_{t2} = F_t + \frac{l}{2} + \frac{l}{2} \quad (2.14)$$

- Jika FLRG  $A_i$  adalah satu ke banyak dan  $state A_{i+1}$  dapat diperoleh dari  $A_i$  dimana  $state A_i$  tidak berhubungan dengan  $A_i$  maka hasil peramalan adalah sebagai berikut:

$$F'(t) = F_t + D_{t2} = F_t + \frac{l}{2} \quad (2.15)$$

- Jika FLRG  $A_i$  adalah satu ke banyak dan  $state A_{i-2}$  dapat diperoleh dari  $A_i$  dimana  $state A_i$  tidak berhubungan dengan  $A_i$  maka hasil peramalan adalah sebagai berikut:

$$F'(t) = F_t - D_{t2} = F_t - \frac{l}{2}(2) = F_t - l \quad (2.16)$$

Maka diperoleh bentuk umum untuk hasil peramalan  $F'(t)$ , yaitu:

$$F'(t) = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \frac{l}{2} \pm \frac{l}{2}b \quad (2.17)$$

dengan:

$l$  = panjang interval

$b$  = perpindahan transisi

## 2.7 Ukuran Ketepatan Peramalan

Perhitungan *error* merupakan suatu cara untuk mengetahui ketepatan model yang telah diperoleh. Dengan perhitungan *error* dapat dilihat seberapa akurat data hasil peramalan dari model yang telah diperoleh dengan data aktualnya. Metode peramalan bertujuan untuk menghasilkan ramalan optimum yang tidak memiliki tingkat kesalahan besar. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin mendekati nilai aktual.

### 2.7.1 Mean Absolute Error (MAE)

*Mean Absolute Error* (MAE) merupakan hasil nilai absolut dari selisih antara nilai peramalan dengan data sebenarnya tanpa menghiraukan tanda positif maupun negatif. Rumus yang digunakan dalam menghitung nilai MAE adalah sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - F_t| \quad (2.18)$$

dengan:

$Y_t$  = nilai aktual pada waktu ke-t

$F_t$  = nilai peramalan pada waktu ke-t

n = banyak data

### 2.7.2 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antara data aktual dengan data peramalan. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| \times 100\% \quad (2.19)$$

dengan:

$Y_t$  = nilai aktual pada waktu ke-t

$F_t$  = nilai peramalan pada waktu ke-t

n = banyak data

Nilai MAPE digunakan untuk menganalisis kinerja proses peramalan seperti yang tertera pada tabel berikut:

Tabel 1. Nilai MAPE untuk Evaluasi Peramalan

Nilai MAPE	Akurasi Peramalan
$MAPE \leq 10\%$	Sangat baik/tinggi
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	<i>Reasonable/cukup</i>
$MAPE \geq 50\%$	Tidak akurat

## 2.8 Nilai Tukar Petani

Menurut Badan Pusat Statistik (2020), Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan salah satu indikator dalam menentukan tingkat kesejahteraan petani. NTP merupakan perbandingan antara indeks harga yang diterima petani (It) dengan indeks harga yang dibayar petani (Ib). Indeks harga yang diterima petani (It) adalah indeks harga yang menunjukkan perkembangan harga produsen atas hasil produksi petani. Indeks harga yang dibayar petani (Ib) adalah indeks harga yang menunjukkan perkembangan harga kebutuhan rumah tangga petani, baik kebutuhan untuk konsumsi rumah tangga maupun kebutuhan untuk proses produksi pertanian.

Secara umum ada tiga macam arti angka NTP, yaitu:

- $NTP > 100$ , berarti petani mengalami surplus. Harga produksi naik lebih besar dari kenaikan harga konsumsinya. Pendapatan petani naik lebih besar dari pengeluarannya.
- $NTP = 100$ , berarti petani mengalami impas. Kenaikan/penurunan harga produksinya sama dengan persentase kenaikan/penurunan harga barang konsumsi. Pendapatan petani sama dengan pengeluarannya.
- $NTP < 100$ , berarti petani mengalami defisit. Kenaikan harga produksi relatif lebih kecil dibandingkan dengan kenaikan harga barang konsumsinya. Pendapatan petani turun, lebih kecil dari pengeluarannya.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2020/2021 bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

#### **3.2 Data Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Nilai Tukar Petani (NTP) di Lampung dan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Nilai Tukar Petani (NTP) di Lampung dari bulan Januari 2016 sampai dengan Januari 2021.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data.
2. Melakukan peramalan menggunakan metode FTS model Chen.
  - a. Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaraan atau  $U$ ).

- b. Pembentukan interval dengan menentukan jumlah interval dan panjang interval menggunakan formula *Sturges*.
  - c. Melakukan *fuzzifikasi* pada data yang diamati.
  - d. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data yang diamati.
  - e. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) FTS model Chen.
  - f. Melakukan *defuzzifikasi* data dan menghitung nilai peramalan.
3. Melakukan peramalan menggunakan metode FTS model Markov Chain.
    - a. Melakukan seperti langkah ke-1 sampai dengan langkah ke-4 pada metode FTS model Chen.
    - b. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Groups* (FLRG) FTS model Markov Chain.
    - c. Menghitung matriks probabilitas transisi.
    - d. Menghitung nilai peramalan awal.
    - e. Menghitung nilai penyesuaian kecenderungan peramalan.
    - f. Menentukan hasil peramalan akhir dengan penyesuaian kecenderungan nilai peramalan.
  4. Menghitung nilai ketepatan peramalan pada masing-masing metode.
  5. Menentukan metode peramalan terbaik dengan nilai MAE dan MAPE terkecil.
  6. Melakukan peramalan dengan metode peramalan terbaik.

## **V. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu FTS model Markov Chain merupakan metode terbaik dalam peramalan Nilai Tukar Petani (NTP) di Lampung periode Januari 2016-Januari 2021 dibanding FTS model Chen karena peramalan dengan metode FTS model Markov Chain menghasilkan nilai MAE dan MAPE lebih kecil daripada FTS model Chen. Ketepatan hasil peramalan metode FTS model Chen memiliki nilai MAE sebesar 1,347 dan MAPE sebesar 1,320% sedangkan metode FTS Markov Chain memiliki nilai MAE sebesar 0,789 dan MAPE sebesar 0,780%. Hasil peramalan NTP di Lampung untuk periode Februari 2021 menggunakan metode FTS model Markov Chain adalah sebesar 95,623.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 1984. *Teknik dan Metode Peramalan*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Nilai Tukar Petani Provinsi Lampung 2020*. Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Chen, S.M. 1996. Forecasting Enrollments based on Fuzzy Time Series. *Journal of fuzzy sets and system*. **81**(3): 311-319.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasi)*. Ed. ke-1. Graha Ilmu, Jakarta.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Ed. ke-2. Terjemahan Ir. Untung S. Andriyanto dan Ir. Abdul Basith. Erlangga, Jakarta.
- Nurkhasanah, L.A., Suparti, & Sudarno. 2015. Perbandingan Metode Runtun Waktu Fuzzy-Chen dan Fuzzy-Markov Chain untuk Meramalkan Data Inflasi di Indonesia. *Jurnal Gaussian*. **4**(4): 917-926.
- Sivanandam, S.N., Sumathi, S., & Deepa, S.N. 2007. *Intoduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Song, Q. & Chissom, B.S. 1993. Forecasting Enrollment with Fuzzy Time Series Part I. *Fuzzy sets and systems*. **54**(1): 1-9.
- Tauryawati, M.L. & Irawan, M.I. 2014. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi IHSG. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. **3**(2): 34-39.



- Tsaur, R.C. 2012. A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With an Application to Forecast the Exchange Rate Between the Taiwan and US Dollar. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. **8**(7): 4931-4942.
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. 2<sup>nd</sup> Edition. Pearson Education Inc., Canada.