

SKRIPSI
**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES* -
MARKOV CHAIN DENGAN METODE *MARKOV*
CHAIN UNTUK PERAMALAN SUHU DI KOTA
KENDARI**

(Studi Kasus : Data Suhu Harian di Stasiun BMKG Kota Kendari)

Disusun dan diajukan oleh

AGUSTIANI TRI WULANDARI

H011171016



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JUNI 2021**

**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES* -
MARKOV CHAIN DENGAN METODE *MARKOV*
CHAIN UNTUK PERAMALAN SUHU DI KOTA
KENDARI**

(Studi Kasus : Data Suhu Harian di Stasiun BMKG Kota Kendari)

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

**AGUSTIANI TRI WULANDARI
H011171016**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

JUNI 2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agustiani Tri Wulandari

Nim : H011171016

Program Studi : Matematika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series - Markov Chain* dengan Metode *Markov Chain* untuk Peramalan Suhu di Kota Kendari
(Studi Kasus : Data Suhu Harian di Stasiun BMKG Kota Kendari)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Selasa 9 Juni 2021

Yang menyatakan,



Agustiani Tri Wulandari

NIM. H011171016

LEMBAR PENGESAHAN

**Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series - Markov Chain* dengan
Metode *Markov Chain* untuk Peramalan Suhu di Kota Kendari
(Studi Kasus : Data Suhu Harian di Stasiun BMKG Kota Kendari)**

Disusun dan diajukan oleh

AGUSTIANI TRI WULANDARI

H011171016

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Progtam Sarjana Program Studi Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

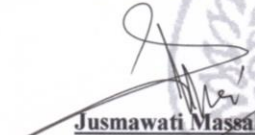
pada tanggal, 11 Juni 2021


dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Jasmawati Massalesse, S.Si., M.Si.
NIP. 19680601 199512 2 001


Dr. Firman, S.Si., M.Si.
NIP. 19680429 200212 1 001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si.
NIP. 1970088072000031002



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si). Saya menyadari bahwa, skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Keluarga penulis, ayahanda Agus Juanda, S.E., ibunda Haidar, kakanda Pasha Nurhijila, S.Farm, Dimas Dwi Prasetyo, A.Md. Kep dan adinda Endah Permata Fatimah atas segala doa dan dukungan baik moril maupun finansial sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta jajarannya.
3. Bapak Prof. Dr. Nurdin, M.Si, selaku ketua Departemen Matematika Universitas Hassanuddin yang senantiasa mendidik, memberi nasehat dan motivasi.
4. Ibu Jusmawati Massalesse, S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Firman S.Si., M.Si, selaku penasehat akademik sekaligus dosen pembimbing yang selama ini memberikan begitu banyak masukan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Dosen Penguji Skripsi bapak Dr. Amran, S.Si., M.Si dan ibu Naimah Aris, S.Si., M.Math. telah memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun untuk kebaikan penulis dan perbaikan skripsi ini
7. Bapak, Ibu dosen dan staff administrasi program studi Matematika Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak ilmu, banyak memberikan dukungan dan membantu mengurus kelancaran studi.

8. Serda Aswulan Ramadhan yang telah mendoakan, mendampingi, dan menghibur penulis dari awal perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
9. Kakanda Lutfhi, Tenry, Irsyad, dan Hamka yang selalu menemani penulis dalam segala keadaan selama menjalankan studi di kota Makassar.
10. Sadaura-saudariku Exypnos26 yang selalu memberikan dukungan kepada penulis, semoga Always Survive the Storms Together.
11. Saudara-saudariku selama perkuliahan, Rista, Khandy, Ifah, Faathir, Esty, Kayis, Fika, Kaye, dan seluruh teman-teman Math17 yang telah memberi semangat, dan pencerahan serta menjadi tempat berbagi ilmu dan juga cerita. Semoga kita semua diberikan kelancaran untuk menyelesaikan segala urusan terkait tugas akhir. Amin.
12. Teman-teman 17iskrit yang telah memberikan banyak pengalaman dan melewati berbagai hal bersama. Salam satukan, kuatkan, eratkan.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Makassar, 11 Juni 2021

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agustiani Tri Wulandari

NIM : H011171016

Program Studi : Matematika

Departemen : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series - Markov Chain* dengan Metode
Markov Chain untuk Peramalan Suhu di Kota Kendari**

* (Studi Kasus : Data Suhu Harian di Stasiun BMKG Kota Kendari)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar Pada tanggal, 7 JULI 2021

Yang menyatakan



(Agustiani Tri Wulandari)

ABSTRAK

Perubahan iklim dan cuaca merupakan salah satu fenomena alam yang memengaruhi berbagai bidang, seperti bidang pertanian, ekonomi, penerbangan hingga kesehatan. Berbagai metode peramalan suhu telah berkembang seiring dengan adanya permasalahan yang timbul. Metode tersebut antara lain metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan metode *Markov Chain*. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan perbandingan tingkat keakuratan hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dan metode *Markov Chain*. Tingkat akurasi diukur berdasarkan presentase nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), sedangkan parameter cuaca yang digunakan adalah data suhu di kota Kendari. Hasil penelitian ini menyatakan presentase nilai MAPE masing-masing metode yaitu, metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dengan data aktual memiliki nilai MAPE 0,26%, tanpa data aktual memiliki nilai MAPE 0,54% dan metode *Markov Chain* memiliki nilai MAPE 3,42%. Nilai MAPE dari masing-masing metode kurang dari 10% yang artinya model yang dibangun dalam penelitian ini memenuhi kriteria yang sangat baik. Peramalan menggunakan Metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dan Metode *Markov Chain* menghasilkan peramalan selama tiga hari kedepan.

Kata Kunci: *Fuzzy Time Series*, *Markov Chain*, Peramalan dan Suhu.

ABSTRACT

The climate and weather change are natural phenomenon that affect to various fields, such as agriculture, economy, aviation to health. Various methods of temperature forecasting have developed along with the problems that arise. These methods include the Fuzzy Time Series Markov Chain method and the Markov Chain method. The purpose of this research is to compare the level of accuracy of forecasting results using the Fuzzy Time Series-Markov Chain method and the Markov Chain method. The level of accuracy is based on the percentage value of the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), while the weather parameters used are temperature data in the city of Kendari. The percentage of MAPE values for each method, state that, the Fuzzy Time Series-Markov Chain method with the actual data having a MAPE value of 0.26%, without the actual data having a MAPE value of 0.54% and the Markov Chain method having a MAPE value of 3, 42%. The MAPE value of each method is less than 10%, which means that the model built in this reseach meets the criteria very well. Forecasting using the Fuzzy Time Series-Markov Chain Method and the Markov Chain Method produces forecasts for the next three days.

Keywords: Fuzzy Time Series, Markov Chain, Forecasting and Temperature.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. <i>State Of the Art</i>	4
2.2. Peramalan	5
2.3. Suhu.....	5
2.4. <i>Time Series</i>	5
2.5. <i>Fuzzy Set</i>	6
2.6. <i>Fuzzy Time Series</i>	6
2.7. <i>Markov Chain</i>	9
2.8. Peluang <i>State n</i> -Langkah	11
2.9. <i>Fuzzy Time Series-Markov Chain</i>	12

2.9. Perhitungan <i>Error</i>	14
BAB III	15
METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Jenis Penelitian	15
3.2. Jenis dan Sumber Data	15
3.3. Metode Pengumpulan Data	15
3.4. Tahapan Penelitian	16
BAB IV	17
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1. Hasil Penelitian.....	17
4.1.1. Persiapan Data.....	17
4.1.2. Peramalan <i>Fuzzy Time Series-Markov Chain</i>	18
4.1.3. Peramalan <i>Markov Chain</i>	27
4.2. Hasil Penelitian.....	29
BAB IV	31
KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1. Kesimpulan.....	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kriteria Tingkat Keakuratan MAPE	14
Tabel 4.1. Data Suhu Kota Kendari Tahun 2019-2020.....	17
Tabel 4. 2. Pembagian Himpunan Semesta (U) dan Nilai Tengah (m).....	19
Tabel 4. 3. Data Terfuzifikasi	21
Tabel 4. 4. <i>Fuzzy Logical Relationship</i> Data	22
Tabel 4. 5. <i>Fuzzy Logical Relationship Grup</i>	23
Tabel 4. 6. Matriks Peluang Transisi Data Suhu.....	23
Tabel 4. 7. Tabel Data Historis dan FLR	24
Tabel 4. 8. Tabel Peramalan Awal dengan Data Aktual	25
Tabel 4. 9. Tabel Kecenderungan Transisi dan FLR	26
Tabel 4. 10. Peramalan Awal Tanpa Data Aktual.....	26
Tabel 4. 11. Tabel Penyesuaian Peramalan Dtn.....	27
Tabel 4. 12. Tabel Peramalan Akhir <i>Fuzzy Time Series-Markov Chain</i>	27
Tabel 4. 13. Nilai Peramalan Metode <i>Markov Chain</i>	29
Tabel 4. 14. Perbandingan MAPE FTS-MC dan <i>Markov Chain</i>	29

DAFTAR NOTASI

$\mu_A(x)$: Fungsi keanggotaan dari x dalam A
U	: Himpunan semesta
A	: Himpunan <i>Fuzzy</i>
A_i	: <i>Current state</i>
A_j	: <i>Next state</i>
i, j	: Kejadian
u_k	: Elemen dari himpunan <i>fuzzy</i> dari A_i
$f_{A_i}(u_k)$: Derajat keanggotaan dari u_k pada A_i
$Y(t)$: Data historis pada saat t
$F(t)$: <i>Fuzzy Time Series</i> pada $Y(t)$
t	: Waktu dalam priode harian
D_{min}	: Data historis minimum
D_{max}	: Data historis maksimum
D_1, D_2	: Bilangan positif yang sesuai
U_{min}	: Himpunan semesta minimum
U_{max}	: Himpunan semesta maksimum
N	: Banyaknya data historis
l	: Panjang intrerval
m_n	: Nilai tengah tiap interval
X_n	: Peubah acak pada saat n
P_{ij}	: Peluang transisi dari <i>state</i> A_i ke A_j dengan satu langkah
M_{ij}	: Waktu transisi dari <i>state</i> A_i ke A_j dengan satu langkah
M_i	: Jumlah data dari <i>state</i> A_i
D_{t1}, D_{t2}	: Nilai penyesuaian peramalan
s	: Banyaknya perpindahan transisi maju
d_n	: Nilai terkecil pada himpunan u_n

ν : Banyaknya perpindahan transisi mundur

$\hat{Y}(t)$: Data hasil peramalan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Aktual Suhu Kota Kendari 1 Agustus 2019 s/d 7 Juli 2020	35
Lampiran 2. Data <i>Terfuzzifikasi</i> dan FLR	39
Lampiran 3. Jumlah Transisi Suhu Satu Langkah	42
Lampiran 4. Matriks Peluang Transisi Data Suhu	43
Lampiran 5. Pembentukan Matriks Keadaan Awal	44
Lampiran 6. Hasil Perkalian Matriks Keadaan t dan Matriks Transisi	45

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim dan cuaca merupakan fenomena alam yang hampir tidak dapat dihindari. Perubahan iklim merupakan suatu kondisi yang ditandai dengan berubahnya pola iklim dunia yang mengakibatkan fenomena cuaca yang tidak menentu. Cuaca merupakan keadaan udara pada saat tertentu di suatu wilayah tertentu dalam jangka waktu yang singkat. Unsur utama cuaca terdiri atas suhu udara, tekanan udara, angin, dan curah hujan (Muslim, 2013).

Perubahan cuaca memengaruhi berbagai kota di Indonesia salah satunya adalah kota Kendari. Dilansir oleh Beritakota.com cuaca yang tidak menentu melanda Sulawesi Tenggara (Sultra) khususnya kota Kendari. Perubahan cuaca dikarenakan perubahan suhu udara memengaruhi berbagai bidang. Pada bidang pertanian, suhu udara berperan hampir pada semua proses pertumbuhan tanaman. Hal ini memengaruhi perekonomian masyarakat akibatnya kebutuhan bahan pokok di pasar tradisional kota Kendari mengalami kenaikan seperti sayur-sayuran dan buah-buahan. Cuaca tak menentu juga memengaruhi hasil tangkap nelayan tradisional di kota Kendari (Fatma, 2020).

Perubahan cuaca juga berpengaruh terhadap bidang penerbangan dan bidang kesehatan. Menurut (Priyana & Abadi, 2011) perubahan cuaca berpengaruh terhadap jadwal penerbangan pesawat dan keperluan *start engine* yaitu pada saat pesawat *take off* yang menyebabkan proses transportasi udara menjadi terganggu. Selain itu, dalam bidang kesehatan menurut (Mintarto & Fattahilah, 2019) keseluruhan proses peningkatan suhu lingkungan, kelembaban udara dan suhu tubuh, sangat berpengaruh terhadap tingkat dehidrasi tubuh. Jika hal tersebut dibiarkan dalam jangka waktu yang lama, tubuh bisa mengalami dehidrasi, heat exhaustion, heat stroke dan bahkan terburuk serangan jantung. Oleh karena keadaan suhu

yang dapat berubah setiap saat, diperlukan informasi mengenai suhu secara tepat dan cepat.

Tingkat fluktuasi suhu udara merupakan salah satu hal penting yang sulit untuk diprediksi. Pada hakekatnya, sistem informasi suhu merupakan cara yang dilakukan untuk mengoptimalkan usaha pemantauan, pengumpulan, analisis data, hingga menjadi bentuk evaluasi atau prediksi suhu. Prediksi sebagai suatu usaha manusia untuk melihat perkembangan kondisi yang lalu, sekarang, dan yang akan datang khususnya dalam kaitan mengantisipasinya (Yuniar et al., 2013).

Berbagai metode peramalan telah berkembang seiring dengan adanya permasalahan yang timbul. Metode tersebut antara lain metode *Fuzzy Time Series*, *Markov Chain*, ANN, ANFIS, dan lain-lain. Dari beberapa metode tersebut penulis membahas model *fuzzy* pada data *time series* yaitu model *Fuzzy Time Series-Markov Chain* yang menggunakan data numerik dari objek yang diamati.

Berdasarkan ide, metode dan pengembangan hasil sebagaimana diuraikan diatas, penulis telah melakukan penelitian mengenai pengaruh *fuzzy time series* pada peramalan *Markov Chain*. Penelitian dilakukan dengan membandingkan akurasi hasil peramalan model *fuzzy time series-Markov Chain* dan hasil peramalan *Markov Chain* serta menuangkan hasilnya dalam bentuk tulisan skripsi dengan judul “*Perbandingan Metode Fuzzy Time Series - Markov Chain dengan Metode Markov Chain untuk Peramalan Suhu di Kota Kendari*”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu, bagaimana perbandingan tingkat keakuratan hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dan metode *Markov Chain*?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan data suhu (perhari) pada tanggal 1 Agustus 2019 sampai dengan 31 Juli 2020 di kota Kendari dengan hasil peramalan selama 3 hari dari tanggal 1 s/d 3 Agustus 2020, sedangkan perhitungan *error* dalam penelitian ini menggunakan metode MAPE.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini yaitu, mendapatkan perbandingan tingkat keakuratan hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dan metode *Markov Chain*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1.5.1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memahami konsep atau teori-teori mengenai perbandingan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dan metode *Markov Chain* dalam peramalan suhu.

1.5.2. Manfaat Praktis

Secara praktis penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan serta dapat dijadikan sumber informasi terkait peramalan suhu bagi pihak instansi atau lembaga yang berada di kota Kendari dan pihak masyarakat

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *State Of the Art*

State of the art dari penelitian ini merupakan hasil penelitian tentang model *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan penerapannya. Beberapa hasil penelitian yang sangat mendukung ide yang akan penulis kembangkan diberikan sebagai berikut :

1. Judul : *A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With an Application to Forecast the Exchange Rate Between the Taiwan and US Dollar*
 Peneliti : Ruey-Chyn Tsaur
 Tahun : 2012
 Deskripsi : Penelitian ini merupakan penelitian terkait metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dan bertujuan untuk memprediksi nilai mata uang Taiwan terhadap USD dengan hasil peramalan yang memiliki akurasi yang sangat baik.
2. Judul : Penerapan Model *FTS-Markov Chain* untuk Peramalan Cuaca di Jalur Penyeberangan Gresik-Bawean
 Peneliti : Binar Rahmawati Dwi Prihatni Aliek, Moh. Hafiyusholeh, Nurissaidah Ulinnuha dan Fajar Setiawan
 Tahun : 2018
 Deskripsi : Penelitian ini merupakan salah satu penelitian terbaru terkait metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* pada peramalan cuaca. Peramalan ini bertujuan meneliti tingkat akurasi metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* pada data angin dan gelombang. Hasil peramalan nilai MAPE dari masing-masing data kurang dari 10% yang berarti bahwa penelitian ini memenuhi kriteria yang sangat baik.
3. Judul : Peramalan Cuaca Menggunakan Metode Rantai Markov (Studi Kasus : Rekaman Cuaca Harian di Kantor BMKG Kota Ternate).
 Peneliti : Fauziah Nurhamiddin dan Fadli M. Sulisa
 Tahun : 2018

Deskripsi : Penelitian ini menggunakan metode *Markov Chain* dalam peramalan cuaca. Penelitian ini memprediksi cuaca cerah, berawan, hujan ringan dan hujan, serta kategorinya berdasarkan waktu perubahan cuaca yang terjadi yaitu di pagi hari, siang hari, sore hari dan malam hari. Hasil penelitian ini menyatakan presentase probabilitas cuaca.

2.2. Peramalan

Peramalan merupakan suatu usaha untuk meramalkan keadaan di masa mendatang melalui pengujian keadaan di masa lalu. Esensi peramalan adalah perkiraan peristiwa-peristiwa di waktu yang akan datang atas dasar pola-pola di waktu yang lalu, dan penggunaan kebijakan terhadap proyeksi-proyeksi dengan pola-pola di waktu yang lalu. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data masa lalu dan menempatkannya ke masa yang akan datang dengan suatu bentuk model matematis (Prasetya & Lukiasuti, 2009).

2.3. Suhu

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas dan dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut (Supu et al., 2016).

2.4. *Time Series*

Analisis deret berkala (*time series analysis*) adalah suatu metode kuantitatif untuk menentukan pola data masa lampau yang telah dikumpul secara teratur. Pola data masa lampau, dapat digunakan untuk mengadakan peramalan (*forecasting*) di masa yang akan datang. Dengan demikian *time series* adalah serangkaian nilai-nilai variabel yang disusun berdasarkan waktu. Analisis *time series* mempelajari pola gerakan nilai-nilai variabel

pada satu interval waktu (misalnya harian, mingguan, bulanan dan tahunan) yang teratur. Dengan mempelajari bagaimana sebuah variabel berubah setiap waktu, sebuah relasi di antara kebutuhan dan waktu dapat diformulasikan dan digunakan untuk memprediksi tingkat kebutuhan yang akan datang (Zaenuddin, 2020).

2.5. *Fuzzy Set*

Fuzzy set adalah sebuah himpunan dimana keanggotaan dari tiap elemennya tidak mempunyai batas yang jelas. Himpunan demikian sangat kontras dengan himpunan klasik. Dalam himpunan klasik, batas keanggotaan dari tiap elemen dalam masing-masing himpunan adalah jelas, yaitu menjadi anggota atau tidak menjadi anggota, tidak ada kategori “abu-abu”. *Fuzzy set* mendasari konsep *fuzzy logic* yang menyatakan bahwa kebenaran dari sembarang pernyataan hanyalah masalah derajat.

Fuzzy time series adalah pengembangan dari sebuah himpunan klasik. Jika X adalah *universe of discourse* dan elemen-elemennya dinotasikan dengan x , maka sebuah *fuzzy set* A dalam X didefinisikan dengan :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (2.1)$$

dengan $\mu_A(x)$ adalah fungsi keanggotaan dari x dalam A .

Fungsi keanggotaan memetakan tiap elemen dari x menjadi derajat keanggotaan antara 0 dan 1 (Naba, 2009).

2.6. *Fuzzy Time Series*

Fuzzy time series (FTS) pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chrissom pada tahun 1993. Jika U adalah himpunan semesta, di mana $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$, maka suatu himpunan *fuzzy* A dan U dapat didefinisikan sebagai:

$$A_i = \sum_{k=1}^n \frac{f_{A_i}(u_k)}{u_k} = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.2)$$

dengan f_{A_i} merupakan fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i , u_k adalah elemen dari himpunan *fuzzy* dari A_i , dan $f_{A_i}(u_k)$ adalah derajat keanggotaan dari u_k pada A_i (Nurkhasanah et al., 2015).

Terdapat beberapa definisi menurut Song dan Crissom (1993) dalam Tsaur (2012) terkait *fuzzy time series* sebagai berikut :

Definisi 2.6.1. Misalkan himpunan semesta $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots, n, \dots)$, adalah himpunan bagian dari R yang didefinisikan 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 $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots, n, \dots)$.

Definisi 2.6.2. Misalkan $F(t) = A_i$ disebabkan oleh $F(t - 1) = A_j$, maka *Fuzzy Logical Relationship (FLR)* didefinisikan sebagai $A_i \rightarrow A_j$.

Definisi 2.6.3. Jika terdapat *FLR* yang diperoleh dari state A_2 , maka transisi dibuat ke state A_j lainnya, $j = 1, 2, \dots, n$, seperti $A_2 \rightarrow A_3, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1$. Oleh karena itu *FLR* dikelompokkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Grup* seperti berikut:

$$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3 \tag{2.3}$$

Adapun langkah untuk menyelesaikan model *fuzzy time series* dijelaskan oleh Tsaur (2012) dalam (Riyadli, 2016) adalah sebagai berikut:

Langkah 1. Menentukan himpunan semesta U , dengan U adalah data historis. Ketika mendefinisikan himpunan semesta, data minimum dan data maksimum dari data historis yang diberikan akan didapatkan D_{min} dan D_{max} . Pada dasarnya himpunan semesta U dapat didefinisikan dengan $[U_{min}; U_{max}] = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2]$, di mana D_1 dan D_2 adalah bilangan positif yang sesuai.

Langkah 2. Membagi (partisi) himpunan semesta U menjadi beberapa bagian dengan menggunakan rumus *sturges* berikut:

$$n = 1 + 3,322 \log N \tag{2.4}$$

dengan N adalah banyaknya data historis.

Panjang interval (l) berturut-turut dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (2.5)$$

sehingga diperoleh interval sebagai berikut :

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + l] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + l; D_{min} - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [D_{min} - D_1 + (n - 1)l; D_{min} - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (2.6)$$

Setelah mendapatkan interval dari pembagian himpunan semesta U maka dapat dihitung nilai tengah dari masing-masing interval yang dapat didefinisikan dengan m_n dengan rumus :

$$m_n = \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \quad (2.7)$$

d_n adalah nilai terkecil pada himpunan u_n

Langkah 3. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U . Tidak ada batasan untuk menentukan banyaknya variabel linguistik yang dapat menjadi himpunan *fuzzy*. Untuk mempermudah, setiap himpunan *fuzzy* $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ didefinisikan dalam jumlah n interval, yaitu $u_1 = [d_1; d_2], u_2 = [d_2; d_3], u_3 = [d_3; d_4], u_4 = [d_4; d_5], \dots, u_n = [d_n; d_{n+1}]$.

Seluruh himpunan *fuzzy* dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_i = \sum_{k=1}^n \frac{f_{A_i}(u_k)}{u_k} \quad (2.8)$$

dengan $f_{A_i}(u_k)$ adalah derajat keanggotaan u_k pada A_i yang ditentukan sebagai berikut:

$$f_{A_i}(u_k) = \begin{cases} 1 & ; i = k \\ 0,5 & ; k = i - 1 \text{ atau } k = i + 1 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.9)$$

Langkah 4. Melakukan fuzzifikasi terhadap data historis. Pada langkah ini bertujuan untuk menemukan himpunan *fuzzy* yang sesuai untuk setiap data.

Langkah 5a. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship*.

Langkah 5b. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Grup*.

Langkah 6. Menghitung *output* yang akan diramalkan. Jika $F(t - 1) = A_j$, peramalan dari $F(t)$ yaitu berlaku peraturan dasar berikut:

- i. *Aturan 1.* Jika FLRG dari A_j adalah kosong ($A_j \rightarrow \emptyset$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_j , yaitu titik tengah dari interval u_j :

$$F(t) = m_j \quad (2.10)$$

- ii. *Aturan 2.* Jika FLRG dari A_j adalah satu ke satu ($A_j \rightarrow A_k, j, k = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_j , yaitu titik tengah dari interval u_j ;

$$F(t) = m_k \quad (2.11)$$

- iii. *Aturan 3.* Jika FLRG dari A_j adalah satu banyak ($A_j \rightarrow A_1, A_3, A_5, j = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan m_1, m_3, m_5 titik tengah dari interval u_1, u_3, u_5 ;

$$F(t) = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)}{n} \quad (2.12)$$

2.7. Markov Chain

Proses stokastik $\{X(t), t \in T\}$ adalah koleksi peubah acak $X(t)$ dengan t menyatakan indeks waktu, $t \in T$. Himpunan T sebagai himpunan semua nilai $X(t)$ yang mungkin sebagai peluang keadaan dari X . Suatu proses stokastik dinamakan proses Markov atau rantai Markov (*Markov chain*) jika proses tersebut memenuhi sifat Markov (*Markov property*). Sifat Markov menyatakan bahwa prediksi peluang sistem saat $t + 1$ hanya ditentukan oleh *state* proses pada saat t (Supandi, 2010).

Secara konseptual rantai Markov dapat diilustrasikan dengan menganggap $\{X_n, n = 0, 1, 2, \dots\}$ sebagai suatu proses stokastik berhingga

atau nilai peluangnya dapat dihitung. Himpunan nilai peluang dari proses ini dinotasikan dengan himpunan integer positif $\{0, 1, 2, \dots\}$. Jika $X_n = i$, maka proses ini terjadi di i pada saat n , dengan menganggap bahwa proses berada di *state* i , terdapat sebuah peluang P_{ij} pada transisi berikutnya akan berpindah ke *state* j , atau dituliskan :

$$P\{X_{n+1} = j | X_n = i, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0\} = P_{ij} \quad (2.13)$$

Untuk semua *state* $i_0, i_1, \dots, i_{n-1}, i, j, n \geq 0$. Proses yang seperti itu disebut Rantai Markov. Persamaan tersebut diinterpretasikan dalam rantai Markov sebagai distribusi bersyarat dari *state* yang akan datang X_{n+1} yang diperoleh dari *state* sebelumnya X_0, X_1, \dots, X_{n-1} (Haryono et al., 2013).

Jika *state* A_i membuat transisi dengan *state* A_j dan melewati *state* lainnya A_k , $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ maka dapat diperoleh FLRG. Penentuan FLRG merupakan pengelompokkan dari setiap perpindahan *state*, yaitu *state* saat ini (*current state*) dan *state* selanjutnya (*next state*). Pada setiap FLRG terdapat hubungan antara dua *state* yang disebut dengan *current state* dan *next state*. *Current state* merupakan nilai yang akan dihitung sebagai nilai peramalan. Sedangkan *next state* merupakan data yang digunakan sebagai syarat untuk memperoleh nilai pada *current state*.

Peluang transisi untuk *state* tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.14)$$

dengan

P_{ij} adalah peluang transisi dari *state* A_i ke A_j dengan satu langkah.

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

M_i adalah jumlah data dari *state* A_i .

Sehingga matriks peluang transisi \mathbf{P} dapat ditulis sebagai berikut;

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Beberapa definisi yang terkait matriks transisi diberikan sebagai berikut :

Definisi 2.6.1. Jika $P_{ij} \geq 0$, maka *state* A_j dapat diakses dari *state* A_i (Noh et al., 2015).

2.8. Peluang *State n-Langkah*

Dalam proses Rantai Markov, sistem pada awalnya berada pada *state* i , kemudian setelah n transisi akan berada pada *state* j dengan peluang yang diberikan oleh suku (i, j) dari matriks \mathbf{P} . Secara umum, jika didefinisikan vektor baris

$$P^n = (p_1^n, p_2^n, \dots), n = 1, 2, \dots \quad (2.16)$$

yang merupakan vektor peluang *state* setelah n -langkah (p_j^n) yaitu vektor peluang berada pada *state* j setelah n -langkah, dimana $n \geq 1, j \geq 1$.

$$P_j^n = p(X_n = j)$$

$$P_j^n = \sum_{i=0}^{\infty} p(X_n = j, X_0 = i)$$

$$P_j^n = \sum_{i=0}^{\infty} p(X_n = i)p(X_n = j|X_n = i)$$

$$P_j^n = \sum_{i=0}^{\infty} p_i^0 p_{ij}^n$$

Karena p_{ij}^n merupakan peluang transisi setelah n -langkah sehingga p_{ij}^n adalah elemen dari \mathbf{P}^n , maka persamaan (2.16) di atas dapat ditulis dalam bentuk vektor dan matriks seperti berikut :

$$P^n = (p^0 \mathbf{P}^n, n = 1, 2, \dots) \quad (2.17)$$

dengan :

p^n : peluang *state* pada waktu ke n , $n = 1, 2, \dots$.

p^0 : peluang *state* pada awal proses.

\mathbf{P}^n : matriks peluang transisi \mathbf{P} setelah n langkah.

(Aulia, 2018)

2.9. Fuzzy Time Series-Markov Chain

Hubungan antara metode peramalan *Fuzzy Time Series* dan *Markov Chain* pertama kali digunakan oleh Tsaur (2012) dengan topik peramalan nilai mata uang Taiwan terhadap *US Dollar*. Adapun langkah-langkah dari model ini pada langkah 1 sampai langkah 5 sama dengan model *Fuzzy Time series* (FTS). Langkah 6 sampai dengan langkah 8 adalah sebagai berikut:

Langkah 6. Menghitung *output* dari peramalan awal. Pada data *time series* digunakan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) untuk mendapatkan peluang *state* selanjutnya, sehingga didapatkan matriks transisi untuk Markov dengan dimensi matriks transisi yaitu $n \times n$.

Selanjutnya nilai dari matriks peluang transisi yang sudah didapatkan dihitung dengan aturan sebagai berikut:

- i. *Aturan 1:* Jika FLRG dari A_i adalah himpunan kosong ($A_i \rightarrow \emptyset$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_k , dimana titik tengah dari interval u_k adalah

$$F(t) = m_k \tag{2.18}$$

- ii. *Aturan 2:* Jika FLRG dari A_i adalah himpunan satu ke satu ($A_i \rightarrow A_j$) dengan ($P_{ij} = 0$ dan $P_{ik} = 1, k \neq j$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_l , dimana titik tengah dari interval u_k adalah

$$F(t) = m_k P_{ik} = m_k \tag{2.19}$$

- iii. *Aturan 3:* Jika FLRG dari A_i adalah himpunan satu ke banyak ($A_i \rightarrow A_j, A_{j+1}, \dots, j = 1, 2, \dots, n$), jika kumpulan data $Y(t - 1)$ pada saat $t - 1$ yang berada pada *state* A_i , maka peramalan dari $F(t)$ adalah sebagai berikut:

$$F(t) = m_1 P_{i1} + m_2 P_{i2} + \dots + m_{i-1} P_{i(i-1)} + Y(t - 1) P_i + m_{i+1} P_{i(j+1)} + \dots + m_n P_{in} \tag{2.20}$$

dengan

$m_1, m_2, \dots, m_{i-1}, m_{i+1}, \dots, m_n$ merupakan titik tengah dari $u_1, u_2, \dots, u_{i-1}, u_{i+1}, \dots, u_n$ dan m_j disubstitusikan ke $Y(t - 1)$ agar diperoleh informasi dari *state* A_i saat $t - 1$.

Langkah 7. Menyelesaikan kecenderungan nilai peramalan. Aturan penyesuaian untuk nilai peramalan dijelaskan sebagai berikut:

i. *Aturan 1:* Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi naik ke *state* A_j pada saat t , ($i < j$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right) \quad (2.21)$$

ii. *Aturan 2:* Jika *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi turun ke *state* A_j pada saat t , ($i > j$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (2.22)$$

iii. *Aturan 3:* Jika *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi maju ke *state* A_{i+s} pada saat t , ($1 \leq s \leq n - i$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right)s, \quad (1 \leq s \leq n - 1) \quad (2.23)$$

dengan s adalah banyaknya perpindahan transisi maju.

iv. *Aturan 4:* Jika *state* A_i pada saat $t - 1$ sebagaimana $F(t - 1) = A_i$ dan terjadi perpindahan transisi mundur ke *state* A_{i-v} pada saat t , ($1 \leq v \leq i$), maka nilai penyesuaian D_t ditentukan sebagai:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right)v, \quad (1 \leq v \leq i) \quad (2.24)$$

dengan v adalah banyaknya perpindahan transisi mundur.

Langkah 8. Menentukan hasil peramalan akhir. Jika FLRG dari A_i adalah satu ke banyak, dan *state* A_{i+1} dapat diperoleh dari *state* A_i dimana *state* A_i berkomunikasi dengan A_i , maka penyesuaian hasil peramalan $F'(t)$ dapat diperoleh sebagai

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

(Aliék et al., 2018)

2.9. Perhitungan Error

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - \hat{Y}(t)|}{Y(t)} \times 100\% \quad (2.26)$$

$Y(t)$ = Data aktual

$\hat{Y}(t)$ = Data peramalan

Kriteria keakuratan dari metode perhitungan error MAPE ini dijelaskan pada Tabel 2.1 (Budiman, 2016) :

Tabel 2.1. Kriteria Tingkat Keakuratan MAPE

Kriteria Peramalan	Batas Presentase
Peramalan Sangat Baik	MAPE < 10%
Permalan Baik	MAPE 10% - 20%
Peramalan Cukup	MAPE 20% - 50%
Peramalan Tidak Akurat	MAPE > 50%

Sumber : (Budiman, 2016)