

**PREDIKSI *RETURN* PORTOFOLIO MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY TIME SERIES* MODEL CHEN DAN
MODEL LEE**

SKRIPSI



**DHIYAU AULIAH PUTRI SYAMSUL
H081201036**

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

**MAKASSAR
MEI 2024**



**PREDIKSI *RETURN* PORTOFOLIO MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY TIME SERIES* MODEL CHEN DAN
MODEL LEE**

SKRIPSI

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

**DHIYAUL AULIYAH PUTRI SYAMSUL
H081201036**

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

MAKASSAR

MEI 2024

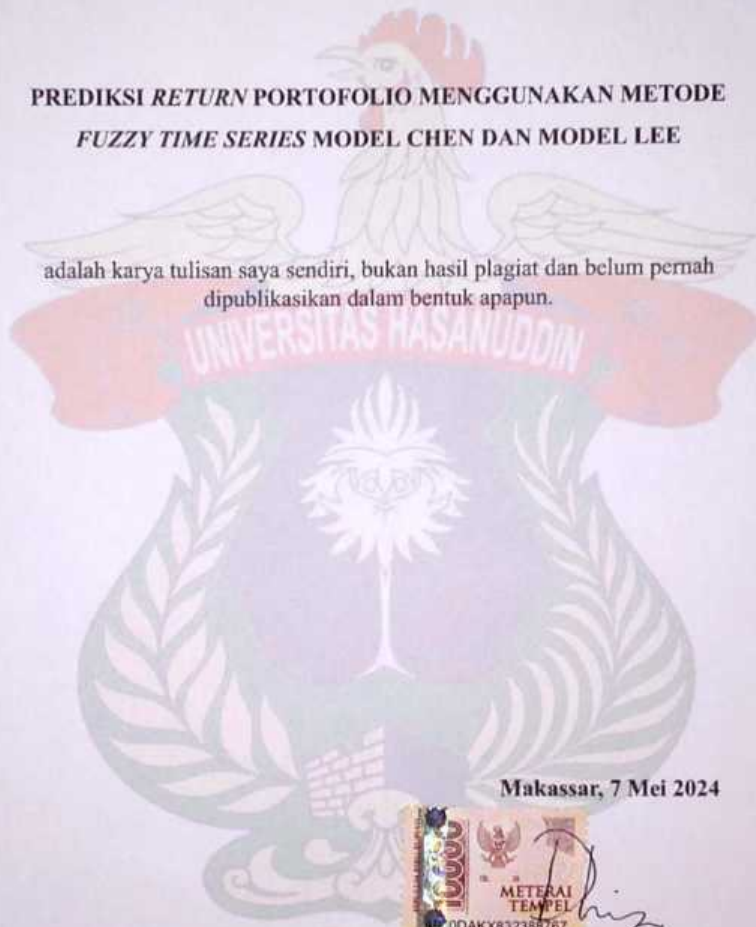


LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul

**PREDIKSI *RETURN* PORTOFOLIO MENGGUNAKAN METODE
FUZZY TIME SERIES MODEL CHEN DAN MODEL LEE**

adalah karya tulisan saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.



Makassar, 7 Mei 2024



Dhivaul Aulivah Putri Svamsul

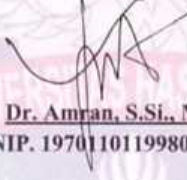
H081201036



**PREDIKSI *RETURN* PORTOFOLIO MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY TIME SERIES* MODEL CHEN DAN
MODEL LEE**

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama


Dr. Amran, S.Si., M.Si.
NIP. 197011011998021001

Pada 7 Mei 2024



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : DHIYAULAULIYAH PUTRI SYAMSUL

NIM : H081201036

Program Studi : Ilmu Aktuaria

Judul Skripsi : Prediksi *Return* Portofolio Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan Model Lee

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Aktuaria pada Program Studi Ilmu Aktuaria Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Amran, S.Si., M.Si.

Anggota : Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.

Anggota : Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.

Tanda Tangan

()
()
()

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 7 Mei 2024



HALAMAN PENGESAHAN

PREDIKSI *RETURN* PORTOFOLIO MENGGUNAKAN METODE
FUZZY TIME SERIES MODEL CHEN DAN MODEL LEE

Disusun dan diajukan oleh

DHIYAUL AULIYAH PUTRI SYAMSUL

H081201036

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Aktuaria Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin


Pada tanggal, 7 Mei 2024

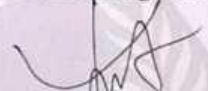
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Kepala Program Studi

Pembimbing Utama


Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.
NIP.196412311990032007


Dr. Amran, S.Si., M.Si.
NIP. 197011011998021001



KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan atas berkah, rahmat dan hidayah Allah SWT, atas kesempatan, kesehatan dan keselamatan, serta kemampuan untuk dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Prediksi *Return* Portofolio Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan Model Lee”**.

Skripsi ini disusun dan diajukan sebagai tugas akhir untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan strata satu (S1) Sarjana Ilmu Aktuaria di Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat selesai tidak luput dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang diberikan secara langsung ataupun tidak langsung kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Bapak **Dr. Eng Amiruddin, M.Si.**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta jajarannya dan **Staf Fakultas MIPA** yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam berbagai hal dalam urusan akademik maupun administrasi.
3. Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan **Staf Departemen Matematika** yang telah membantu proses administrasi dalam penyusunan skripsi penulis.
4. Ibu **Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.**, selaku Ketua Program Studi Ilmu Aktuaria.

dan Ibu **Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.**, selaku Penasehat Akademik penulis yang senantiasa membantu dan memberikan arahan selama masa studi penulis.



6. Bapak **Dr. Amran, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama penulis yang senantiasa meluangkan waktu untuk membantu dan memberikan arahan penulis selama penyusunan skripsi.
7. Ibu **Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.**, dan Ibu **Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.**, selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberikan waktu dan kesediaannya untuk memberikan kritik dan masukan dalam proses penulisan skripsi penulis.
8. Bapak dan Ibu **Dosen Program Studi Ilmu Aktuaria** yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis selama proses perkuliahan.
9. Orang Tua penulis, Ayahanda **Syamsul Bahri** dan Ibunda **Fausiah Latif** yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta kasih sayang selama masa perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi.
10. Keluarga dari Ayahanda dan Ibunda yang memberikan doa, dukungan, dan nasehat selama masa perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi.
11. Sahabat Kampus yang telah setia menemani, **Nur Hasana** dan **Athirah Safinatunnajah** yang senantiasa memberikan canda dan tawa, doa, dukungan, dan semangat selama masa perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi.
12. Sahabat SMA penulis, **Wanda Amir, Andi Shiva Nazilah Faradiba, Andi Rabiatul Adawiyah, Jihan Nabilah Hisanah Setiawan,** dan **Sri Rohayu Nasir** yang senantiasa memberikan canda dan tawa, doa, dukungan, dan semangat dalam penyusunan skripsi.
13. Seluruh teman-teman program studi **Ilmu Aktuaria Angkatan 2020** yang senantiasa memberikan bantuan, semangat, dan dukungan selama perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi.
14. Idol *boy group* Korea **Treasure** (Watanabe Haruto, Park Jeongwoo, Choi Hyunsuk, Park Jihoon, Kanemoto Yoshinori, Kim Junkyu, Yoon Jaehyuk, Hamada Asahi, Kim Doyoung, dan So Junghwan) bersama **Yedam** dan **Takata Mashihō** yang senantiasa menemani dan menjadi sumber kebahagiaan beserta penyemangat penulis selama masa perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi.



15. **Diri penulis sendiri**, yang telah berjuang dan bertahan melalui berbagai hal selama masa perkuliahan, penyusunan hingga selesainya skripsi ini.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, dan motivasi bagi penulis selama masa perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini jauh dari sempurna karena terbatasnya kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisannya, dan bersedia menerima kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap agar skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Akhir kata, penulis berharap agar Allah SWT. memberikan balasan atas segala kebaikan dari semua pihak yang telah memberikan bantuan hingga selesainya skripsi ini, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 7 Mei 2024



Dhiyaul Auliyah Putri Syamsul



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

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

Nama : Dhiyaul Auliyah Putri Syamsul
Nim : H081201036
Program Studi : Ilmu Aktuaria
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

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

**Prediksi *Return* Portofolio Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series*
Model Chen dan Model Lee**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak Universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 Mei 2024

Yang menyatakan



Dhiyaul Auliyah Putri Syamsul



ABSTRAK

Investasi merupakan kegiatan penempatan sejumlah dana dengan harapan memperoleh keuntungan di masa mendatang. Investor umumnya melakukan diversifikasi dengan membentuk suatu portofolio untuk mengurangi besarnya risiko. Pemahaman terhadap tren masa lalu membantu investor mengidentifikasi risiko potensial yang mungkin timbul di masa mendatang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil prediksi return portofolio menggunakan metode *Fuzzy Time Series* (FTS) model Chen dan Lee. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa data enam aset investasi dan bobot optimal setiap aset investasi. Penentuan tingkat keakuratan hasil prediksi menggunakan metode *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan *Confusion Matrix* (CM). Evaluasi hasil prediksi metode FTS model Lee dan model Chen menunjukkan bahwa prediksi yang dilakukan model Lee lebih akurat dibandingkan dengan model Chen. Model Lee memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi kembali portofolio yang sebenarnya dengan lebih baik dibandingkan dengan model Chen.

Kata Kunci: Investasi, *Return* Portofolio, *Fuzzy Time Series*, FTS model Chen, FTS model Lee

Judul : Prediksi *Return* Portofolio Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan Model Lee
Nama : Dhiyaul Auliyah Putri Syamsul
NIM : H081201036
Program Studi : Ilmu Aktuaria



ABSTRACT

Investment is the activity of allocating a certain amount of funds with the expectation of obtaining future profits. Investors generally engage in diversification by forming a portfolio to reduce the magnitude of risk. Understanding past trends helps investors identify potential risks that may arise in the future. This research aims to determine the accuracy level of portfolio return predictions using the Fuzzy Time Series (FTS) method of Chen and Lee models. The research method used is a quantitative approach. The research is conducted using secondary data consisting of data from six investment assets and the optimal weights of each investment asset. The accuracy level of prediction results is determined using the Root Mean Squared Error (RMSE) method and the Confusion Matrix (CM). The evaluation of prediction results from the FTS method of Lee and Chen models shows that the predictions made by the Lee model are more accurate compared to those made by the Chen model. The Lee model has a better ability to re-identify the actual portfolio compared to the Chen model.

Keywords: *Investment, Portfolio Return, Fuzzy Time Series, FTS Chen model, FTS Lee model*

*Title : Prediction of Portfolio Return using Fuzzy Time Series
Method of Chen Model and Lee Model*

Name : Dhiyaul Auliyah Putri Syamsul

Student ID : H081201036

Program : Actuarial Science



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i

LEMBAR PERNYATAAN KEONTENTIKAN ii

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING iii

HALAMAN PENGESAHAN iv

KATA PENGANTAR vi

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMISI ix

ABSTRAK x

ABSTRACT xi

DAFTAR ISI xii

DAFTAR TABEL xv

DAFTAR GAMBAR xvii

DAFTAR LAMPIRAN xviii

DAFTAR NOTASI xix

BAB I PENDAHULUAN 1

 1.1 Latar Belakang 1

 1.2 Rumusan Masalah 3

 1.3 Batasan Masalah 3

 1.4 Tujuan Penelitian 3

 1.5 Manfaat Penelitian 3

 1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

 Investasi 6

Return Investasi 7



2.2	Portofolio.....	7
2.2.1	<i>Return</i> Portofolio	8
2.3	<i>Time Series</i>	8
2.4	Peramalan	9
2.5	Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.6	<i>Fuzzy Time Series</i>	10
2.6.1	Tahapan <i>Fuzzy Time Series</i>	10
2.7	Evaluasi Model Prediksi.....	16
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	19
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3	Objek Penelitian	19
3.4	Jenis dan Sumber Data	20
3.5	Metode Pengumpulan Data	20
3.6	Teknik Analisis Data	20
3.7	Alur Kerja.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Hasil	23
4.1.1	Deskripsi Data.....	24
4.1.2	Menentukan <i>Return</i> Investasi	26
4.1.3	Menentukan <i>Return</i> Portofolio	28
4.1.4	Pembagian data <i>training</i> dan <i>testing</i>	29
4.1.5	Pembentukan Himpunan Semesta (<i>U</i>)	30
4.1.6	Pembentukan Interval	31
	Pembentukan Himpunan <i>Fuzzy</i>	32
	Fuzzifikasi terhadap data <i>Return</i> Portofolio	34



4.1.9	Pembentukan <i>Fuzzy Logic Relationships</i> (FLR).....	35
4.1.10	Pembentukan <i>Fuzzy Logic Relationships Group</i> (FLRG)	36
4.1.11	Defuzifikasi.....	37
4.1.12	Prediksi Data <i>Training Return</i> Portofolio.....	39
4.1.13	Evaluasi Hasil Prediksi Data <i>Training</i>	40
4.1.14	Prediksi <i>Return</i> Portofolio Data <i>Testing</i>	43
4.1.15	Evaluasi Prediksi Data <i>Testing</i>	45
4.2	Pembahasan	48
BAB V PENUTUP		50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
DAFTAR LAMPIRAN.....		54



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Confusion Matrix 2x2 17

Tabel 4. 1 Data 6 aset investasi periode 1 Jan 2013 - 1 Okt 2023 25

Tabel 4. 2 Statistik Deskriptif 6 aset investasi periode 1 Jan 2013 - 1 Okt 2023 26

Tabel 4. 3 Hasil return aset investasi NG, HG, MSFT, MAPI, EUR/JPY, dan EUR/CNY periode 1 Jan 2013 – 1 Okt 2023..... 27

Tabel 4. 4 Hasil return portofolio periode 1 Jan 2013 hingga 1 Okt 2023..... 28

Tabel 4. 5 Pembagian data training dan data testing 29

Tabel 4. 6 Data Training Return Portofolio 30

Tabel 4. 7 Data Testing Return Portofolio 30

Tabel 4. 8 Partisi Himpunan Semesta (U) dan Nilai Tengah (m) 32

Tabel 4. 9 Nilai Linguistik 33

Tabel 4. 10 Fuzzifikasi Data Training 34

Tabel 4. 11 Hasil Fuzzy Logic Relationship (FLR) Data Training..... 35

Tabel 4. 12 Hasil Fuzzy Logic Relationships Group (FLRG) Data Training Model Chen 36

Tabel 4. 13 Hasil Fuzzy Logic Relationships Group (FLRG) Data Training Model Lee..... 36

Tabel 4. 14 Hasil Defuzifikasi Nilai Prediksi Model Chen..... 37

Tabel 4. 15 Hasil Defuzifikasi Nilai Prediksi Model Lee 38

Tabel 4. 16 Hasil prediksi data train model Chen dan Lee 39

Tabel 4. 17 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data training model Chen 40

Tabel 4. 18 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data training model Lee 41

Tabel 4. 19 Hasil perhitungan confusion matrix dari hasil prediksi data training model Chen 42

Tabel 4. 20 Hasil perhitungan confusion matrix dari hasil prediksi data training model Lee..... 42

Tabel 4. 21 Hasil prediksi data testing model Chen..... 44

Tabel 4. 22 Hasil prediksi data testing model Lee 45



Tabel 4. 23 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data testing model Chen 46

Tabel 4. 24 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data testing model Lee 46

Tabel 4. 25 Hasil perhitungan confusion matrix dari hasil prediksi data testing model Chen 47

Tabel 4. 26 Hasil perhitungan confusion matrix dari hasil prediksi data testing model Lee..... 47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Kerja..... 22
Gambar 4. 1 Perbandingan hasil evaluasi data training model Chen dan Lee 43
Gambar 4. 2 Perbandingan hasil evaluasi data testing model Chen dan Lee 48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data 6 aset investasi periode 1 Januari 2013 hingga 1 Oktober 2023 54
Lampiran 2 Hasil return aset investasi NG, HG, MSFT, MAPI, EUR/JPY, dan
EUR/CNY periode 1 Januari 2013 hingga 1 Oktober 2023 58
Lampiran 3 Bobot optimal dari masing-masing aset investasi 62
Lampiran 4 Hasil return portofolio periode 1 Januari 2013 hingga 1 Oktober 2023
..... 62
Lampiran 5 Fuzzifikasi Data Training 66
Lampiran 6 Hasil Fuzzy Logic Relationship (FLR) Data Training 68
Lampiran 7 Hasil Prediksi Data Training Model Chen dan Model Lee 71
Lampiran 8 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data training model Chen
..... 74
Lampiran 9 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data training model Lee
..... 77
Lampiran 10 Hasil Prediksi Data Testing Model Chen 80
Lampiran 11 Hasil Prediksi Data Testing Model Lee 81
Lampiran 12 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data testing model Chen
..... 82
Lampiran 13 Hasil perhitungan RMSE dari hasil prediksi data testing model Lee
..... 83



DAFTAR NOTASI

R_{it}	Return aset i periode t
P_t	Harga pada periode sekarang
P_{t-1}	Harga pada periode sebelumnya
R_p	Return portofolio
W_i	Proporsi dari aset i terhadap seluruh aset di portofolio
x	Jumlah dari aset investasi
D_{min}	Nilai minimum
D_{max}	Nilai maksimum
N	Banyak data
U	Himpunan semesta
u_i	Banyaknya kelas pada himpunan semesta, untuk $i = 1, 2, \dots, n$
l	Panjang interval
m_i	Nilai tengah pada u_i untuk $i = 1, 2, \dots, n$
Y_t	Nilai aktual pada data ke- t
$Y_{(t-1)}$	Nilai aktual pada data $t-1$
i	Banyaknya himpunan fuzzy
A_i	Current state $Y_{(t-1)}$
A_j	Next state Y_t
F_i	Defuzifikasi
k	Banyaknya A_j
F_t	Nilai prediksi pada data ke- t



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Investasi merupakan suatu kegiatan penempatan sejumlah dana pada periode tertentu dengan harapan memperoleh keuntungan di masa mendatang. Tujuan investasi adalah memperoleh keuntungan atau *return* dan meningkatkan kekayaan. Investasi memberikan peluang bagi para pelaku pasar untuk meraih keuntungan yang substansial. Namun, dalam pengambilan keputusan investasi, setiap peluang keuntungan yang diharapkan juga diimbangi oleh risiko yang bersesuaian dengan keuntungan yang diharapkan. Investasi yang memiliki peluang untuk mendapatkan keuntungan yang tinggi juga berpotensi risiko yang tinggi. Investor umumnya melakukan diversifikasi dengan membentuk suatu portofolio untuk mengurangi besarnya risiko yang dihadapi.

Portofolio merupakan satu set atau kumpulan dari beberapa investasi baik itu *financial asset* maupun *real asset*. Investor mendiversifikasi portofolio dengan memilih portofolio yang efisien dan optimal. Portofolio efisien merupakan portofolio yang bisa memberikan risiko minimal pada tingkat *return* tertentu sedangkan portofolio optimal merupakan portofolio yang dipilih seorang investor dari berbagai pilihan yang terdapat pada portofolio efisien sesuai dengan preferensinya terhadap tingkat *return* maupun risiko (Desiyanti, 2017).

Analisis sebelum berinvestasi merupakan hal yang penting untuk dilakukan. Hal ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai kondisi dan situasi portofolio investasi saat ini. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah melakukan analisis peramalan terhadap potensi keuntungan atau *return* suatu portofolio dengan mempertimbangkan tren berdasarkan data masa lalu. Dengan demikian, investor dapat membuat keputusan investasi yang lebih berdasarkan informasi dan bukti yang kuat. Lebih dari itu, pemahaman terhadap

data masa lalu dapat membantu investor mengidentifikasi peluang atau risiko yang mungkin timbul di masa mendatang.



Salah satu metode dalam meramalkan suatu data adalah metode *Fuzzy Time Series*. Metode *Fuzzy Time Series* (FTS) menggunakan sistem peramalan dengan menangkap pola dari data di masa lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang berdasarkan nilai linguistik. Perbedaan metode FTS dengan metode yang lain adalah peramalan dengan menggunakan metode FTS ini tidak membutuhkan pemenuhan uji asumsi serta konsep yang digunakan untuk meramalkan suatu data adalah menggunakan data aktual yang dibentuk dalam nilai-nilai linguistik (Jeneka, 2021).

Metode FTS diperkenalkan pertama kali oleh Song dan Chissom tahun 1993 untuk meramalkan jumlah pendaftaran di Universitas Alabama. Pada tahun 1996 Chen mengembangkan model Song dan Chissom dengan lebih sederhana. Model ini menjadi semakin dikenal karena kesederhanaannya (Pattanayak dkk, 2020). Pada tahun 2009 model ini dikembangkan oleh Lee dan ditemukan metode FTS model Lee yang dianggap lebih baik dalam hal memprediksi dibandingkan dengan model Chen (Widi, 2018).

Penelitian terkait penerapan FTS untuk peramalan harga saham di Indonesia sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Zeidi dkk (2023) memprediksi harga saham PT. Gudang Garam Tbk (GGRM) dengan metode FTS Chen, Rahmawati & Sulistijanti (2023) memprediksi harga penutupan saham PT. Unilever Indonesia (UNVR) dengan menggunakan metode FTS Lee. Beberapa penelitian juga membandingkan kedua metode tersebut diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Widi (2018) untuk memprediksi harga saham PT. Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk (BBRI) dan diperoleh bahwa metode FTS model Lee lebih baik dibandingkan model Chen, dimana hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Handayani & Anggriani (2015). Namun, dari berbagai macam penelitian terdahulu belum terdapat penelitian yang menggunakan metode FTS model Chen dan Lee untuk memprediksi *return* suatu portofolio.

Portofolio optimal perlu dilakukan dalam mendiversifikasi portofolio guna meramalkan alokasi aset sesuai dengan preferensi investor terhadap risiko dan secara efektif. Penelitian yang dilakukan oleh Pangga (2023) berhasil dalam pembentukan portofolio optimal. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan



untuk melanjutkan penelitian tersebut dengan melakukan prediksi *return* dari portofolio optimal yang telah dibentuk dengan menggunakan metode FTS model Chen dan Lee. Adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran lebih jelas tentang kinerja dan potensi *return* dari portofolio yang telah dioptimalkan, memberikan informasi kepada para investor dalam mengidentifikasi potensi peluang atau risiko yang mungkin muncul di masa depan, dan membantu para investor dalam mengambil keputusan investasi, serta memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kinerja metode prediksi yang digunakan.

Penelitian ini berjudul “Prediksi *Return* Portofolio Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan Model Lee”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu “Bagaimana tingkat keakuratan hasil prediksi *return* portofolio menggunakan metode *Fuzzy Time Series* model Chen dan model Lee?”

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Penelitian ini menggunakan data dan bobot optimal yang terdapat pada penelitian Pangga (2023).
2. Penentuan panjang interval menggunakan rumus *Sturges*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian adalah “Mengetahui tingkat keakuratan yang terbaik dari hasil prediksi *return* portofolio menggunakan metode *Fuzzy Time Series* model Chen dan model Lee”.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Manfaat bagi Penulis, yaitu meningkatkan pemahaman dan penerapan metode *Fuzzy Time Series* model Chen dan Lee dalam prediksi *return* portofolio.



2. Bagi Pembaca, yaitu sebagai referensi dan sumber informasi yang dapat digunakan untuk penelitian atau studi lanjutan terkait prediksi *return* portofolio.
3. Bagi Investor, yaitu memberikan informasi kepada investor terkait metode prediksi *return* portofolio yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi peluang pertumbuhan pada portofolio mereka.
4. Bagi Universitas Hasanuddin, yaitu meningkatkan reputasi universitas dalam bidang penelitian dan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan khususnya bidang investasi dan *forecasting*.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian penjelasan tentang definisi dan konsep menurut para ahli yang menjadi dasar dari penelitian, meliputi paparan teori.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian penjelasan tentang Pendekatan dan Jenis Penelitian, Waktu dan Tempat Penelitian, Objek Penelitian, Jenis dan Sumber Data, Metode Pengumpulan Data dan Alur Kerja.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi uraian penjelasan tentang hasil penelitian setelah proses penelitian dilakukan. Bagian ini mencakup gambaran umum tentang objek penelitian, hasil analisis data, hasil perhitungan statistik, dan proses pembahasannya. Penjelasan tersebut akan memberikan informasi mendalam tentang temuan yang diperoleh dari penelitian, serta interpretasi dan analisis yang terkait dengan hasil tersebut.



BAB V PENUTUP

Bab ini berisi uraian penjelasan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan. Kesimpulan tersebut akan disusun berdasarkan analisis data, tinjauan pustaka, dan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Investasi

Investasi merupakan kegiatan penempatan sejumlah dana dengan harapan memperoleh keuntungan di masa mendatang. Terdapat beberapa definisi mengenai investasi. Menurut Fatihudin (2017), investasi adalah kegiatan menanam modal dalam suatu instrument investasi atau portofolio investasi dengan harapan di masa depan nilai aset atau kekayaan tersebut semakin meningkat dan besar. Disisi lain Desiyanti (2017) mendefinisikan investasi sebagai pengorbanan atas sejumlah sumber daya saat ini dengan harapan untuk memperoleh sejumlah kompensasi atau keuntungan dimasa datang.

Investasi bertujuan untuk mendapatkan hasil atau *return* untuk mendapatkan sejumlah uang. Secara luas, investasi berutujuan untuk meningkatkan kesejahteraan investor. Investor melakukan investasi untuk mendapatkan kehidupan yang lebih layak di masa datang yaitu dengan meningkatkan taraf hidup dan mengurangi tekanan inflasi yaitu penurunan nilai harta karena inflasi (Desiyanti, 2017).

Investasi dalam persepektif investor dapat dibedakan dalam dua sektor yaitu investasi di sektor keuangan (*financial assets*) dan investasi di sektor rill (*real assets*) atau properti. Instrumen investasi di sektor keuangan yaitu uang tunai, tabungan, deposito, giro, reksadana, saham, obligasi, *forex*/valas, komoditas, surat utang negara/SUN, sertifikat bank indonesia/ SBI, sukuk, dana pensiun, dan sebagainya. Investasi ini ditempatkan atau ditransaksikan di pasar modal dan pasar uang. Sementara itu, investasi di sektor properti merupakan investasi dari uang pribadi atau hasil pinjaman dari orang lain atau lembaga keuangan seperti bank, koperasi, yayasan yang digunakan untuk ditransaksikan pada properti seperti tanah, rumah, ruko, apartemen, perkebunan, peternakan, kost-kosan, rental mobil, dan sebagainya (Fatihudin, 2017).



2.1.1 Return Investasi

Return merupakan hasil yang akan diterima atas investasi yang dilakukan oleh investor. Nilai *return* yang positif pada suatu periode tertentu menggambarkan adanya kenaikan harga dari periode sebelumnya, sedangkan nilai *return* negatif menggambarkan adanya penurunan harga dari periode sebelumnya. Menurut Franke dalam (Pangga, 2023) *return* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut.

$$R_{it} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

R_{it} : Return aset i periode t

P_t : Harga pada periode sekarang

P_{t-1} : Harga pada periode sebelumnya

2.2 Portofolio

Portofolio merupakan satu set atau kumpulan dari beberapa investasi baik itu *financial asset* maupun *real asset*. Investasi memiliki peluang untuk mendapatkan keuntungan yang tinggi juga berpotensi risiko yang tinggi. Oleh karena itu, untuk mengurangi besarnya risiko yang dihadapi, investor umumnya melakukan diversifikasi dengan membentuk suatu portofolio.

Investor melakukan kombinasi investasi, agar dapat meraih *return* yang optimal sekaligus dan memperkecil risiko melalui diversifikasi. Semakin banyak jenis investasi yang dikumpulkan dalam portofolio, maka risiko kerugian instrumen investasi yang satu dapat dinetralisir oleh keuntungan yang diperoleh dari instrumen lain. Investor mendiversifikasi portofolio dengan memilih portofolio yang efisien dan optimal. Portofolio efisien merupakan portofolio yang bisa memberikan risiko minimal pada tingkat *return* tertentu sedangkan portofolio optimal merupakan portofolio yang dipilih seorang investor dari berbagai pilihan yang terdapat pada portofolio efisien sesuai dengan preferensinya terhadap tingkat

maupun risiko (Desiyanti, 2017).



2.2.1 Return Portofolio

Return portofolio merupakan hasil yang diperoleh dari suatu kombinasi atau kumpulan aset keuangan yang dimiliki oleh seorang investor. *Return* portofolio mencerminkan kinerja keseluruhan dari semua aset yang ada dalam portofolio, dengan mempertimbangkan bobot relatif masing-masing aset. Jika nilai *return* portofolio positif, itu berarti bahwa nilai portofolio tersebut mengalami kenaikan atau keuntungan selama periode waktu tertentu. Ini menunjukkan bahwa kombinasi aset dalam portofolio memberikan hasil yang menguntungkan pada saat itu. Sebaliknya, jika nilai *return* portofolio negatif, itu berarti bahwa nilai portofolio mengalami penurunan atau kerugian selama periode waktu tertentu. Ini menunjukkan bahwa kinerja portofolio tidak menguntungkan pada saat itu, dan nilai investasi mengalami penurunan.

Menurut Desiyanti (2017) *Return* yang diharapkan dari suatu portofolio dapat diestimasi dengan menghitung rata-rata tertimbang dari *return* yang diharapkan dari masing-masing aset individual yang ada dalam portofolio. Persamaan *return* sebagai berikut:

$$R_p = \sum_{i=1}^x (W_i \cdot R_{it}) \quad (2.2)$$

Keterangan:

R_p : *Return* portofolio

W_i : Proporsi dari aset i terhadap seluruh aset di portofolio

R_{it} : *Return* aset i periode t

x : Jumlah dari aset investasi

2.3 Time Series

Time Series (deret waktu) merupakan koleksi data yang disusun berdasarkan urutan waktu atau data yang dikumpulkan dari interval waktu ke interval waktu

dengan tujuan untuk melihat perkembangan suatu kegiatan atau fenomena (Sudrajat, 2001 dalam Jeneka, 2021). Data *time series* yang diperoleh dapat berupa



interval waktu dalam harian, mingguan, bulanan, triwulan, maupun tahunan (Handayani & Anggriani, 2015).

Analisis runtun waktu (*time series*) merupakan suatu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilitas keadaan yang akan datang dengan tujuan pengambilan keputusan (Makridakis, 1999 dalam Jeneka, 2021). Analisis *time series* bertujuan untuk mengidentifikasi dan memahami pola atau tren data runtun waktu. Hal ini dimaksudkan agar informasi tersebut dapat digunakan dalam membuat perkiraan atau peramalan tentang nilai-nilai di masa depan baik jangka panjang maupun jangka pendek, yang berguna dalam perencanaan dan pengambilan keputusan terkait dengan kegiatan atau fenomena yang diamati (Supranto, 2001 dalam Jeneka, 2021)

2.4 Peramalan

Forecasting atau peramalan merupakan proses memprediksi suatu peristiwa yang akan terjadi di masa mendatang. Proses ini melibatkan data *time series* dalam menganalisis dan mengidentifikasi pola maupun tren yang digunakan untuk memprediksi peristiwa di masa mendatang. *Forecasting* sangat penting di berbagai bidang kehidupan, seperti bisnis dan industri, ekonomi, kesehatan, maupun keuangan, karena dengan mengetahui peristiwa atau kondisi di masa mendatang, maka bisa dilakukan perencanaan yang lebih efektif serta pengambilan keputusan yang lebih tepat (Pambudi dkk, 2018).

Menurut Jeneka (2021), dalam konteks kehidupan sosial, segala sesuatu cenderung tidak pasti dan sulit untuk diprediksi dengan akurat. Dengan kata lain, *forecasting* memiliki tujuan untuk menghasilkan prediksi yang dapat meminimalkan kesalahan peramalan (*forecast error*), yang umumnya diukur menggunakan parameter seperti *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan sejenisnya.

2.5 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof. Lutfi A. Zadeh, seorang peneliti dalam bidang ilmu komputer. Prof. Lutfi A. Zadeh berpendapat bahwa logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran



manusia, kemudian dikembangkan logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia (Jeneka, 2021).

Logika *fuzzy* mengoperasikan derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan besaran yang diekspresikan dalam bahasa linguistik, misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Kelebihan dari teori logika *fuzzy* adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*). Sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan (Nasution, 2012).

2.6 Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series (FTS) adalah suatu metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Metode FTS diperkenalkan di tahun 1993 oleh Song dan Chissom untuk memprediksi jumlah pendaftaran di Universitas Alabama (Ainiyah, 2022). Kurangnya tingkat keakuratan model Song dan Chissom dalam hal prediksi data, kemudian disempurnakan dengan model Chen. Pada tahun 2009, ditemukan metode FTS model Lee yang dianggap lebih baik dalam hal memprediksi dibandingkan dengan model Chen (Widi, 2018).

Fuzzy Time Series (FTS) merupakan metode peramalan data yang menggunakan konsep *fuzzy set* (Himpunan *Fuzzy*) sebagai dasar perhitungannya. Metode ini menggunakan data historis berupa nilai-nilai linguistik untuk menyelesaikan masalah peramalan (Hidayah & Sugiman, 2021). Menurut Jeneka (2021) Proses metode FTS cukup sederhana, tidak membutuhkan sistem pembelajaran yang rumit, seperti algoritma genetika dan *neural network* sehingga mudah untuk digunakan dan dikembangkan.

2.6.1 Tahapan Fuzzy Time Series

Tahapan-tahapan metode *Fuzzy Time Series* adalah sebagai berikut (Febriana, 2018 dalam Khofi dkk, 2022):

1. Membentuk himpunan semesta (U)

Untuk membentuk himpunan semesta (U), terlebih dahulu menentukan nilai minimum dan nilai maksimum dari data historis. Berdasarkan nilai tersebut didefinisikan himpunan semesta U sebagai berikut:



$$U = [D_{min}, D_{max}] \tag{2.3}$$

Keterangan:

D_{min} : Nilai minimum

D_{max} : Nilai maksimum

2. Penentuan Interval

Untuk menentukan banyaknya partisi himpunan semesta dapat menggunakan rumus *Sturges* sebagai berikut:

$$n = 1 + 3.322 \log(N) \tag{2.4}$$

Berdasarkan hasil tersebut terbentuk nilai linguistik untuk mempresentasikan himpunan *fuzzy* pada interval-interval yang terbentuk dari himpunan semesta (U).

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \tag{2.5}$$

Keterangan:

N : Banyak data

U : Himpunan semesta

u_i : Banyaknya kelas pada himpunan semesta, untuk $i = 1, 2, \dots, n$

Dalam penentuan interval, jarak antar interval merupakan hal yang penting. Sehingga langkah selanjutnya yaitu mencari panjang interval dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Panjang Interval } (l) = \frac{D_{max} - D_{min}}{\text{Banyak kelas } (n)} \tag{2.6}$$

Selanjutnya mencari nilai tengah, dengan rumus sebagai berikut:

$$m_i = \frac{\text{batas atas} + \text{batas bawah}}{2} \tag{2.7}$$

Setelah memperoleh jumlah interval, panjang interval dan nilai tengah maka setiap interval diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min}; D_{min} + l] \\ u_2 &= [D_{min} + l; D_{min} + 2l] \\ u_3 &= [D_{min} + 2l; D_{min} + 3l] \\ &: \\ u_n &= [D_{min} + (n - 1)l; D_{min} + nl] \end{aligned} \tag{2.8}$$



3. Membentuk himpunan *fuzzy*

Himpunan *Fuzzy* adalah rentang nilai yang masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan antara 0 sampai 1. Misalkan U adalah himpunan semesta, dengan $\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$. Kemudian variabel linguistik A_i terhadap U dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (2.9)$$

Dimana u_j ($j = 1, 2, \dots, n$) adalah elemen dari himpunan semesta (U). Persamaan $\frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1}$ menyatakan derajat keanggotaan dari elemen himpunan *fuzzy* u_1 terhadap himpunan *fuzzy* A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) yang nilainya adalah 0, 0.5 atau 1. Sementara simbol “+” tidak digunakan untuk menjumlahkan nilai-nilai seperti dalam matematika konvensional, tetapi untuk menyatakan suatu proses agregasi atau penggabungan kontribusi dari elemen-elemen himpunan *fuzzy* u_j dalam pembentukan himpunan *fuzzy* A_i . Jadi, jika u_j adalah keanggotaan dari A_i , maka $\mu_{A_i}(u_j)$ merupakan derajat keanggotaan dari u_j terhadap A_i dimana $\mu_{A_i}(u_j) \in [0,1]$ dan $1 \leq j \leq n$.

Pendefinisian himpunan fuzzy A_1, A_2, \dots, A_n pada himpunan semesta U merupakan suatu proses untuk menentukan atau mendeskripsikan himpunan-himpunan *fuzzy* yang terbentuk dari himpunan semesta U . Pada persamaan (2.9) menyatakan bahwa himpunan *fuzzy* A_i terbentuk dari kontribusi masing-masing elemen himpunan fuzzy u_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Kontribusi dari setiap elemen himpunan *fuzzy* dihitung dengan cara menentukan derajat keanggotaan elemen tersebut terhadap himpunan *fuzzy* A_i . Derajat keanggotaan elemen u_j terhadap A_i adalah 1, jika elemen u_j terhadap A_i tersebut berkontribusi penuh. Jika kontribusi elemen u_j terhadap A_i hanya sebagian, maka derajat keanggotaannya adalah 0.5. Sementara jika elemen u_j terhadap A_i tidak memiliki kontribusi maka derajat keanggotaannya adalah 0.



Secara keseluruhan, persamaan (2.9) menyatakan pembentukan himpunan *fuzzy* A_i dengan mengumpulkan kontribusi dari masing-masing elemen himpunan *fuzzy* dalam himpunan semesta U , dengan menggambarannya dalam bentuk derajat keanggotaan.

Jeneka (2021) mendefinisikan nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(u_j)$ sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1 ; i = j \\ 0.5 ; i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 ; \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.10)$$

Hal tersebut dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1 : Jika data aktual Y_t termasuk dalam suatu interval u_j ($j = 1, 2, \dots, n$), maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j dan u_{j+1} , berarti dinyatakan nol.

Aturan 2: Jika data aktual Y_t termasuk dalam u_i ($i = 1, 2, \dots, n$), $1 \leq i \leq n$ maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, untuk u_{j-1} dan u_{j+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j , u_{j-1} dan u_{j+1} berarti dinyatakan nol.

Aturan 3: Jika data aktual Y_t termasuk dalam u_j ($j = 1, 2, \dots, n$), maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan untuk u_{j-1} adalah 0,5 dan jika bukan u_j dan u_{j-1} berarti dinyatakan nol.

Misalkan A_1, A_2, \dots, A_n merupakan himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_n pada himpunan semesta U adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\} \\ A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\} \\ A_3 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_n} \right\} \\ &\vdots \\ A_n &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} \dots + \frac{0,5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n} \right\} \end{aligned} \quad (2.11)$$



4. Melakukan fuzzifikasi

Selanjutnya melakukan fuzzifikasi pada data historis. Fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah nilai dalam interval u_i menjadi himpunan *fuzzy* A_i atau variabel linguistik. Jika data pertama dimasukkan pada interval u_1 maka fuzzifikasinya adalah A_1 (Sutojo, 2022 dalam Rahmawati & Sulistijanti, 2023)

5. Membentuk *Fuzzy Logic Relationships* (FLR)

Pada data yang telah di fuzzifikasi dua himpunan *fuzzy* yang berurutan $A_i(t - 1)$ dan $A_j(t)$ dapat dinyatakan sebagai FLR $A_i \rightarrow A_j$. Hubungan yang diidentifikasi berdasarkan hasil dari fuzzifikasi data *time series*. Jika variabel time series $Y_{(t-1)}$ mempunyai bentuk fuzzifikasi sebagai A_i dan Y_t sebagai A_j , maka A_i mempunyai hubungan dengan A_j atau dapat dikatakan bahwa A_i dapat meramalkan data pada A_j . Hubungan ini dapat ditulis dengan notasi sebagai $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i merupakan data historis saat sekarang (*current state*) dan A_j merupakan data historis selanjutnya dari waktu sekarang (*next state*) (Jeneka, 2021).

6. Membentuk *Fuzzy Logic Relationships Group* (FLRG)

Nilai dari setiap relasi yang telah didapatkan akan digabungkan atau biasa disebut dengan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Cara pengelompokan FLRG model Chen dan model Lee adalah dari sisi kiri yang sama. Perbedaan kedua model tersebut terletak pada pengelompokannya.

a. Model Chen

Misal terdapat $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_2$. Dengan model Chen maka akan menghasilkan $A_1 \rightarrow A_1, A_2$, dimana relasi $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, cukup diambil salah satu, karena dua relasinya dianggap sama.

b. Model Lee

Misal terdapat $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_2$. Dengan model Lee maka akan menghasilkan $A_1 \rightarrow A_1, A_1, A_2$, dimana relasi $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_1$, harus dihitung menurut Lee karena mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap hasil prediksi nantinya.



7. Defuzifikasi

Menurut Muhammad dkk (2021), Defuzifikasi adalah mengubah output *fuzzy* yang diperoleh dari aturan-aturan logika *fuzzy* menjadi nilai tegas menggunakan nilai keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzifikasi. Pada tahap ini, *fuzzy output* akan diubah menjadi nilai tegas (numeris) untuk menghasilkan nilai peramalan. Terdapat beberapa ketentuan yang harus diperhatikan pada proses defuzifikasi nilai peramalan model Chen dan Lee.

a. Model Chen

Ketentuan dalam menentukan defuzifikasi pada model Chen yaitu:

Aturan 1: jika terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai relasi *fuzzy logic*, misal $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum dari nilai keanggotaan A_i berada pada interval u_i dan nilai tengah u_i adalah m_i , maka hasil prediksi F_i adalah sebagai berikut:

$$F_i = m_i \tag{2.12}$$

Aturan 2: jika hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya $A_i \rightarrow A_j$ dimana A_i dan A_j adalah fuzzifikasi dan nilai maksimum dari nilai keanggotaan A_j berada pada interval u_j dan nilai tengah dari u_j adalah m_j , maka hasil prediksi F_i adalah sebagai berikut:

$$F_i = m_j \tag{2.13}$$

Aturan 3: jika $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_n$, maka persamaan untuk mencari nilai prediksi adalah sebagai berikut:

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^n m_j}{k} \tag{2.14}$$

b. Model Lee

Ketentuan dalam menentukan defuzifikasi pada model Lee yaitu:

Aturan 1: jika terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak mempunyai relasi *fuzzy logic*, misal $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum dari nilai keanggotaan A_i berada pada interval u_i dan nilai tengah u_i adalah m_i , maka hasil prediksi F_i adalah sebagai berikut:

$$F_i = m_i \tag{2.15}$$



Aturan 2: jika hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya $A_i \rightarrow A_j$ dimana A_i dan A_j adalah fuzzifikasi dan nilai maksimum dari nilai keanggotaan A_j berada pada interval u_j dan nilai tengah dari u_j adalah m_j , maka hasil prediksi F_i adalah sebagai berikut:

$$F_i = m_j \tag{2.16}$$

Aturan 3 : jika hasil fuzzifikasi pada tahun ke t terdapat beberapa FLR pada FLRG, misal $A_i \rightarrow A_1$ sebanyak k_1 , $A_i \rightarrow A_2$ sebanyak k_2 , $A_i \rightarrow A_3$ sebanyak k_3 , dan $A_i \rightarrow A_n$ sebanyak k_n maka hasil prediksi F_i adalah sebagai berikut:

$$F_i = \frac{(k_1 \times m_1) + (k_2 \times m_2) + (k_3 \times m_3) + \dots + (k_n \times m_n)}{k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n} \tag{2.17}$$

Keterangan:

- F_i : Defuzzifikasi
- A_i : Current state $Y_{(t-1)}$
- A_j : Next state Y_t
- m_i, m_j : Nilai tengah dari u_i, u_j
- k : Banyaknya A_j

2.7 Evaluasi Model Prediksi

Prediksi terhadap suatu data menggunakan metode tertentu tidak selamanya akurat. Ketidakakuratan ini dapat terjadi ketika metode yang digunakan mengalami tidak sesuaian dengan data yang dipilih. Oleh karena itu, perlu untuk melakukan pemeriksaan terhadap hasil prediksi yang menyimpang (Widi, 2018).

Pemeriksaan terhadap hasil prediksi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi tersebut dengan data aktual. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengevaluasi model prediksi adalah *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan *n Matrix*.



1. *Root Mean Squared Error (RMSE)*

Root Mean Squared Error (RMSE) merupakan suatu metode yang umum digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan antara nilai yang diprediksi oleh suatu model dengan nilai sebenarnya (Sari, 2023). Menurut Zahara & Sugianto (2021) Nilai RMSE menunjukkan tingkat akurasi model yang dibangun. Semakin kecil nilai RMSE, akurasi yang dihasilkan akan semakin tinggi. Metode pengukuran tingkat keakuratan model menggunakan *Root Mean Squared Error (RMSE)* telah digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Hidayana & Ruchjana (2023) untuk meramalkan *return* saham, dan oleh Dwipayana dkk (2022) untuk memprediksi tingkat pengangguran terbuka di Bali. Nilai RMSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (Y_t - F_t)^2} \tag{2.18}$$

Keterangan:

N : Banyak data

Y_t : Nilai aktual pada data ke- t

F_t : Nilai prediksi pada data ke- t

2. *Confusion Matrix*

Confusion matrix merupakan tabel silang untuk mengukur kinerja suatu model dalam memprediksi dan mengevaluasi nilai prediksi terhadap nilai sebenarnya (Grandini dkk, 2020). Metode pengukuran tingkat keakuratan model dengan menggunakan *confusion matrix* pernah dilakukan oleh Dwipayana dkk (2022). Berikut merupakan *confusion matrix* berukuran 2x2.

Tabel 2. 1 *Confusion Matrix 2x2*

Kelas	<i>Positive</i>	<i>Negative</i>
<i>Positive</i>	TP	FN
<i>Negative</i>	FP	TN

angan:

Positive (TP) adalah jika data yang diprediksi bernilai positif dan data l bernilai positif.



True Negative (TN) adalah jika data yang diprediksi bernilai negatif dan data aktual bernilai negatif.

False Positive (FP) adalah jika data yang diprediksi bernilai positif dan data aktual bernilai negatif.

False Negative (FN) adalah jika data yang diprediksi bernilai negatif dan data aktual bernilai positif.

Menurut Grandini dkk (2020), tabel *confusion matrix* digunakan untuk menentukan akurasi, presisi, dan *recall* suatu model prediksi.

a. Akurasi

Akurasi merupakan proporsi dari total prediksi yang benar yang dilakukan oleh model terhadap total data. Akurasi memberikan pemahaman tentang seberapa baik model secara keseluruhan dalam memprediksi suatu data.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FN+FP} \times 100\% \quad (2.19)$$

b. Presisi

Presisi merupakan proporsi dari prediksi positif yang benar (*true positive*) dibandingkan dengan total prediksi positif yang dilakukan oleh model. Presisi memberikan informasi tentang seberapa akurat suatu model dalam memprediksi data yang positif. Presisi juga membantu dalam mengukur tingkat kesalahan yang dilakukan oleh suatu model saat mengklasifikasikan sampel data negatif sebagai positif.

$$Presisi = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (2.20)$$

c. Recall

Recall merupakan proporsi dari prediksi positif yang benar (*true positive*) dibandingkan dengan total dari sampel data yang sebenarnya positif dalam suatu dataset. *Recall* memberikan informasi tentang seberapa baik model dalam menemukan atau mengidentifikasi kembali data yang sebenarnya positif. *Recall* juga membantu dalam mengukur seberapa efektif suatu model dalam menghindari mengklasifikasikan sampel positif sebagai

negatif.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (2.21)$$

