



**PREDIKSI JUMLAH PENUMPANG PESAWAT MENGGUNAKAN *FUZZY*  
*TIME SERIES***

**SKRIPSI**

“Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Mencapai Derajat Sarjana (S-1)”

**OLEH:  
ALYA PUTRI BALGIS  
F1A3 16 004**

**JURUSAN MATEMATIKA  
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HALU OLEO  
KENDARI  
2020**

**SKRIPSI**

**PREDIKSI JUMLAH PENUMPANG PESAWAT MENGGUNAKAN *FUZZY*  
*TIME SERIES***

**Diajukan Oleh :**

**ALYA PUTRI BALGIS  
F1A316004**

**Telah disetujui oleh:**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Dr. Andi Tenriawaru, S.Si., M.Si.  
NIP. 19760208200501001**

**Natalis Ransi, S.Si., M.Cs.  
NIP. 198412252015041001**

**Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Ilmu Komputer**

**Dr. Andi Tenriawaru, S. Si., M. Si.  
NIP. 19760208 200501 001**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang  
Segala Puji bagi Allah, Tuhan semesta alam  
Maha Pemurah lagi Maha Penyayang  
(QS. Alfatihah: 1-3)*

*Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu  
Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya  
(QS: Al-'Alaq 1 dan 5)*

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah sujud syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesempatan karena atas karunia serta kemudahan yang telah Engkau berikan di saat jerih payah telah berhasil kucaapai sehingga gelar sarjana dapat kuraih. Shalawat serta salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Teruntuk kedua orang tuaku, cahaya hidupku, Mamaku tersayang **Syu'bah, S.E.**, yang senantiasa ada disaat suka maupun duka, yang selalu menjadi teman berbagi ceritaku, yang selalu mengajarku, yang selalu memberikan semangat disaat kulemah, yang selalu mendoakan dalam setiap sujudnya, yang menjadi ibu sekaligus sosok ayah untuk anak-anaknya. Cinta pertamaku, Papaku tersayang **Yusuf L. (Rahimahullah)**, yang memberikan kami didikan yang sangat berharga yang tidak akan ada duanya. Banyak hal yang dilakukan hanya untuk melihatku sukses. Terima Kasih telah menjadi dan melakukan yang terbaik dalam mendidik dan mengajarku, serta memberikan kasih sayang yang tiada batasnya.

Untuk Adik-adikku tersayang, **Nadya Ismi Putri** dan **Giska Cahya Ramadhani** yang selalu setia memberi semangat, dukungan dan doa. Terima kasih atas semua dukungan yang kalian berikan selama ini. Semoga kalian selalu berada dalam lindungan Allah SWT dan sukses di setiap langkah kalian.

Saudara sepupuku yang juga sedang berjuang untuk menjadi sarjana, **Sri Mulyani** dan **Alma Gebriani**, terima kasih telah banyak membantu memberi

dukungan, motivasi dan doa. Semoga semua yang telah kalian berikan akan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Sahabat-sahabat terbaikku **Asra Ayu Lestari, Febriyani, Herlina** dan **Sintia**, terima kasih telah menjadi sahabat terbaik yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan moril maupun moral di saat penulis mengalami banyak kesulitan dalam menyelesaikan skripsi ini dan selama masa perkuliahan. Kalian adalah sahabat-sahabatku yang sangat berharga.

Teman-teman seperjuangan Ilmu Komputer angkatan 2016, **Nur, Herni, Rika, Mela, Suci, Rani, Widia, Tata, Ririn, Ipo, Ainun, Rafa, Ayut, Finci, Ella, Egi, Memi, Uci, Nia, Mega, Asti, Novi, Indri, Indriani, Afifa, Dewi, Safar, Arwan, Andi, Latif, Agung, Fitra, Fitrayasa, Syahril, Alham, Karyono, Jekrudin, Zohri, Jevi, Johan, Rian, Riki** yang telah memberikan semangat, motivasi, bantuan serta doanya selama masa perkuliahan hingga skripsi ini bisa terselesaikan. Semoga kita semua selalu dalam lindungan Allah SWT dan senantiasa diberi kesuksesan untuk kedepannya.

Terkhusus kepada Ibu **Dr. Andi Tenriawaru, S.Si., M.Si.**, Bapak **Natalis Ransi, S.Si., M.Cs.**, selaku pembimbing Tugas Akhir, Bapak **Dr. Laode Saidi, M.Kom.**, Bapak **La Surimi, S.Si., M.Cs.** dan Bapak **Rahmat Ramadhan, S.Si., M.Si.**, selaku dosen penguji, Bapak **L.M Umar Reky R.R., S.Si., M.Si.**, dan Ibu **Amalia Nurani Basyarah, S.T., M.Kom.**, selaku Dosen Ilmu Komputer, terima kasih sebesar-besarnya telah banyak membantu dan sabar dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan umur panjang kepada beliau semua.

Kepada seluruh dosen dan Staf Ilmu Komputer, terima kasih telah banyak memberi dukungan dan telah membagi ilmunya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT selalu membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai persyaratan dalam menyelesaikan studi S-1 pada Jurusan Matematika Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo dengan judul **“Prediksi Jumlah Penumpang Pesawat Menggunakan *Fuzzy Time Series*”**.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan, arahan maupun bantuan baik secara teknis maupun non teknis dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Muhammad Zamrun F., S.Si., M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Halu Oleo.
2. Bapak **Dr. Ida Usman, S.Si., M.Si.**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo.
3. Bapak **Dr. Muh. Kabil Djafar, S.T., M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Matematika Universitas Halu Oleo.
4. Ibu **Dr. Andi Tenriawaru, S.Si., M.Si.**, selaku Koordinator Program Studi Ilmu Komputer Universitas Halu Oleo, sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan motivasi, petunjuk, ilmu pengetahuan, masukan dan saran yang sangat berharga, serta kesediaan beliau dalam meluangkan waktunya untuk penulis ditengah berbagai kesibukan beliau, sehingga tugas skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak **Natalis Ransi, S.Si., M.Cs.**, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan motivasi, petunjuk, ilmu pengetahuan, masukan dan saran yang sangat berharga serta kesediaan beliau dalam meluangkan waktunya untuk penulis dalam berbagai kesibukan beliau, sehingga tugas skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak **Dr. Laode Saidi, M.Kom.**, Bapak **La Surimi, S.Si., M.Cs.** dan Bapak **Rahmat Ramadhan, S.Si., M.Si.**, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan koreksi dan saran yang sangat berharga mulai dari seminar proposal, seminar hasil dan ujian akhir (skripsi) sehingga tugas skripsi ini dapat terselesaikan.

7. Ibu **Amalia Nurani Basyarah, S.T., M.Kom.**, selaku Dosen Ilmu Komputer yang telah memberikan nasehat dan saran yang sangat berharga sehingga tugas skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Seluruh Dosen beserta Staf Program Studi Ilmu Komputer Universitas Halu Oleo yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat serta bantuannya selama penulis mengikuti perkuliahan di Program Studi Ilmu Komputer.
9. Kedua Orangtuaku yang tercinta, Bapak **Yusuf L** (Rahimahullah) dan Ibu **Syu'bah, S.E.**, terima kasih atas doa, dukungan, dan kasih sayang kalian yang tiada tara.
10. Sahabat penulis **Asra Ayu Lestari, Febriyani, Herlina** dan **Sintia** yang selalu memberikan semangat, doa, motivasi dan dukungan yang tiada duanya.
11. Teman-teman seperjuangan Ilmu Komputer angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat, motivasi, bantuan serta doanya.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu, semoga Allah SWT memberikan kemudahan dalam segala urusannya.

Penulis memohon maaf atas segala keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak memiliki kekurangan. Semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang.

Kendari, Juni 2020

Penulis,

**Alya Putri Balgis**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT.....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Logika <i>Fuzzy</i> .....	8
2.2.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	9
2.2.2 Fungsi Keanggotaan.....	10
2.3 <i>Fuzzy Time Series</i> .....	17
2.3.1 <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng .....	17
2.4 Prediksi .....	20
2.5 Data Runtun Waktu ( <i>Time Series</i> ).....	21
2.6 <i>K-fold Cross Validation</i> .....	22
2.7 <i>Mean Absolute Precentage Error (MAPE)</i> .....	23
2.8 <i>Mean Square Error (MSE)</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9 <i>Flowchart</i> .....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.2 Jenis dan Sumber Data .....	27
3.3 Jenis Penelitian .....	27

3.4	Prosedur Penelitian .....	29
3.5	Jadwal Penelitian .....	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		33
4.1	Pengumpulan Data .....	33
4.2	Analisis <i>Fuzzy Time Series</i> .....	34
4.2.1	Penentuan Himpunan Semesta Pembicaraan .....	34
4.2.2	Penentuan Interval .....	34
4.2.3	Penentuan Nilai Linguistik dan Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	36
4.2.4	Fuzzifikasi .....	37
4.2.5	Pendefinisian Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	39
4.2.6	Penetapan <i>FLR</i> .....	39
4.2.7	Penetapan <i>FLRG</i> .....	40
4.2.8	Penetapan Bobot .....	41
4.2.9	Penentuan Bobot Ternormalisasi .....	43
4.2.10	Perhitungan Nilai Peramalan .....	45
4.2.11	Perhitungan Nilai Peramalan Adaptif .....	48
4.3	Perhitungan <i>MAPE</i> dan <i>MSE</i> .....	50
4.4	Pengujian Menggunakan <i>10-Fold Cross Validation</i> .....	51
BAB V PENUTUP .....		53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Fuzzifikasi Data Latih Tahun 2009 Sampai Dengan 2014

LAMPIRAN 2 Pendefinisian Himpunan *Fuzzy*

LAMPIRAN 3 Relasi Logika *Fuzzy* Data Penumpang Pesawat



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya Mengenai <i>Fuzzy Time Series</i> .....	6
Tabel 2.2 Tabel Simbol Program <i>Flowchart</i> .....	25
Tabel 2.3 Tabel Simbol Sistem <i>Flowchart</i> .....	26
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	32
Tabel 4.1 Data Jumlah Penumpang Pesawat.....	33
Tabel 4.2 Frekuensi Data Penumpang Pesawat pada Setiap Interval .....	35
Tabel 4.3 Frekuensi dan Nilai Tengah pada Setiap Interval .....	36
Tabel 4.4 Himpunan <i>Fuzzy</i> dan Nilai Linguistik .....	37
Tabel 4.5 Fuzzifikasi.....	38
Tabel 4.6 Relasi Logika <i>Fuzzy</i> Data Penumpang Pesawat .....	40
Tabel 4.7 FLRG .....	41
Tabel 4.8 Pembobotan <i>Fuzzy</i> untuk Data Penumpang Pesawat.....	42
Tabel 4.9 Bobot Ternormalisasi untuk Data Penumpang Pesawat .....	44
Tabel 4.10 Nilai Peramalan.....	46
Tabel 4.11 Nilai Peramalan Data Uji .....	47
Tabel 4.12 Nilai Peramalan Adaptif.....	49
Tabel 4.13 Nilai Kesalahan .....	51
Tabel 4.14 Skenario Pembagian Data untuk Pengujian .....	51
Tabel 4.15 Nilai MAPE Setiap <i>Fold</i> .....	52

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Representasi Linear Naik.....	11
Gambar 2.2 Representasi Linear Naik untuk Contoh 1 .....	12
Gambar 2.3 Representasi Linear Turun .....	12
Gambar 2.4 Representasi Linear Turun untuk Contoh 2 .....	13
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga .....	14
Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga untuk Contoh 3 .....	15
Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium .....	15
Gambar 2.8 Representasi Kurva Trapesium untuk Contoh 4 .....	16
Gambar 2.9 10-fold cross validation.....	23
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian Kuantitatif.....	29
Gambar 3.2 Flowchart Prosedur Penelitian .....	31
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Jumlah Penumpang dan Nilai Peramalan .....	50

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Fuzzifikasi Data Latih Tahun 2009 Sampai Dengan 2014

Lampiran 2 Pendefinisian Himpunan *Fuzzy*

Lampiran 3 Relasi Logika *Fuzzy* Data Penumpang Pesawat

# **PREDIKSI JUMLAH PENUMPANG PESAWAT MENGGUNAKAN *FUZZY TIME SERIES***

**Oleh:**

**Alya Putri Balgis**  
**FIA3 16 0004**

## **ABSTRAK**

Indonesia dengan statusnya sebagai negara kepulauan yang sangat luas dan jumlah penduduk yang besar, dihadapkan dengan masalah transportasi. Permintaan akan jasa transportasi udara terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan kesejahteraan masyarakat. Hal tersebut ditandai dengan hampir semua provinsi di Indonesia memiliki Bandar udara. Bandar udara memiliki peran sebagai pintu gerbang kegiatan perekonomian dalam upaya pemerataan pembangunan. Penelitian ini menggunakan data jumlah penumpang dari Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin–Makassar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy time series*. Penelitian ini menggunakan data jumlah penumpang sebanyak 156 data, dari tahun 2006 sampai tahun 2018. Pengolahan data dilakukan dengan membagi data menjadi 70% data latih dan 30% data uji, kemudian dilakukan penentuan prediksi menggunakan *fuzzy time series*. Setelah menghasilkan prediksi, akan dilakukan analisis mengenai nilai kesalahan prediksi tersebut menggunakan *MSE* dan *MAPE* dengan skenario pengujian *10-fold cross validation*.

Prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series* menghasilkan nilai *MAPE* terhadap data latih sebesar 1,08% dan nilai *MAPE* terhadap data uji sebesar 2,26%. Akurasi prediksi pada penelitian ini diperoleh dengan skenario pengujian *10-fold cross validation*, yang menghasilkan *MAPE* rata-rata sebesar 13,08% dan akurasi 86,92%.

**Kata Kunci:** Prediksi, *fuzzy time series*, *10-fold cross validation*, *MSE*, *MAPE*.

# ***PREDICTION THE NUMBER OF AIRPLANE PASSENGERS USES FUZZY TIME SERIES***

***By:***

**Alya Putri Balgis**  
**FIA3 16 0004**

## ***ABSTRACT***

*Indonesia with its status as a vast archipelago and large population, faced with transportation problems. Demand for transportation services continues to increase from year to year in accordance with an increase in population and welfare of the community. This is indicated by the fact that almost all provinces in Indonesia have airports. The airport has a role as a gateway for economic activity in the efforts of equitable development. This research uses data on the number of passengers from Sultan Hasanuddin-Makassar International Airport.*

*The purpose of this research was to make a prediction of the number of aircraft passengers at Sultan Hasanuddin International Airport. The method used in this research is fuzzy time series. This study uses 156 passenger data, from 2006 to 2018. Data processing is done by dividing the data into 70% training data and 30% test data, then prediction is made using fuzzy time series. After producing predictions, an analysis of the prediction error value will be performed using MSE and MAPE with a 10-fold cross validation test scenario.*

*Prediction of the number of airplane passengers at Sultan Hasanuddin International Airport using fuzzy time series produces an MAPE of training data is 1,08% and MAPE value of test data is 2,26%. Accuration of the prediction in this research was obtained with 10-fold cross validation test scenario, which resulted in an average MAPE is 13,08% and accuration is 86,92%.*

***Keywords:*** Prediction, fuzzy time series, 10-fold cross validation, MSE, MAPE.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia dengan statusnya sebagai negara kepulauan yang sangat luas dan jumlah penduduk yang besar, dihadapkan dengan masalah transportasi. Permintaan akan jasa transportasi udara terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan kesejahteraan masyarakat. Angkutan udara mempunyai peranan sangat dominan, terutama jika dikaitkan dengan kebutuhan akan waktu tempuh yang singkat, pilihan satu-satunya adalah transportasi udara (BPS, 2017).

Bandar udara memiliki peran sebagai pintu gerbang kegiatan perekonomian dalam upaya pemerataan pembangunan. Pertumbuhan dan stabilitas ekonomi serta keselarasan pembangunan nasional ditunjang oleh bandar udara. Pembangunan daerah yang digambarkan sebagai lokasi dan wilayah di sekitar bandara, yang menjadi pintu masuk dan keluar kegiatan perekonomian untuk daerah yang bersangkutan. Bandar udara juga menjadi pendorong dan penunjang kegiatan industri, perdagangan dan pariwisata dalam menggerakkan dinamika pembangunan nasional, serta keterpaduan dengan sektor pembangunan lainnya (Khaerunnisa, 2017).

Bandar udara menjadi salah satu fasilitas umum yang mengalami perkembangan pesat dalam penggunaannya, dimana berdasarkan data yang dirilis *Airports Council International (ACI)* pada 20 September 2018 menyatakan secara umum di seluruh dunia, jumlah penumpang pesawat udara meningkat 7,5%

menjadi 8,3 miliar orang pada tahun 2017. Permintaan akan jasa transportasi udara yang terus meningkat berbanding lurus dengan pertumbuhan penggunaan transportasi udara yang meningkat, dimana pada tahun 2017 Badan Pusat Statistik (BPS) dalam Publikasi Statistik Transportasi Udara 2017, menyatakan bahwa jumlah keberangkatan penumpang untuk dalam negeri secara keseluruhan terjadi peningkatan 8,87%, serta keberangkatan penumpang untuk tujuan luar negeri secara keseluruhan naik 12,59%.

Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin–Makassar adalah bandar udara yang terletak 30 km dari Kota Makassar, provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan data lalu lintas pergerakan angkutan udara di Bandar udara Internasional Sultan Hasanuddin-Makassar, pada tahun 2011 jumlah pergerakan pesawat sebesar 72.763 keberangkatan atau naik 12,10% dibandingkan dengan tahun 2010 yaitu 64.908 keberangkatan, jumlah pergerakan penumpang pada tahun 2011 sebesar 7.454.361 orang atau naik 13,86% dibandingkan tahun 2010 yaitu 6.546.831 orang, jumlah pergerakan bagasi tahun 2011 sebesar 61.447.725 kg atau naik 13,25% dibandingkan tahun 2010 yaitu 54.254.220 kg (Nurrasjid, 2013).

Kegiatan peramalan atau prediksi merupakan kegiatan yang dilakukan oleh seorang peneliti dalam memperkirakan kejadian di masa yang akan datang dengan menggunakan pendekatan ilmu tertentu. Dewasa ini beberapa penelitian mengenai kegiatan prediksi berkembang menggunakan beberapa metode dalam menentukan hasil analisis yang paling tepat. Penelitian mengenai prediksi pada umumnya menggunakan data deret waktu (*time series*). Data deret waktu adalah rangkaian

data yang berupa nilai pengamatan yang diukur selama kurun waktu tertentu, berdasarkan waktu dengan interval yang *uniform* sama (Murray & Larry, 2007 dalam Nugroho, 2016).

Menurut Nugroho (2016) kelebihan *fuzzy time series* antara lain adalah proses perhitungannya tidak membutuhkan sistem yang rumit seperti pada algoritma genetika dan jaringan syaraf, sehingga tentunya lebih mudah dikembangkan. Selain itu metode ini juga dapat menyelesaikan masalah peramalan data historis berupa nilai-nilai linguistik. Modifikasi juga dapat dilakukan terhadap algoritma penelitian *fuzzy time series*, seperti *fuzzy time series* Chen dan *fuzzy time series* Cheng.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai prediksi atau peramalan data *time series* yang menggunakan *fuzzy time series*, yaitu penelitian yang dilakukan Desmonda, dkk, (2018) yang bertujuan untuk memprediksi besaran curah hujan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan akurasi sebesar 99,849% dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 0,151%. Pambudi, dkk, (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk memprediksi data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menggunakan *fuzzy time series* menunjukkan hasil dengan akurasi yang cukup baik dengan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 0,04777038 dan *Mean Square Error (MSE)* sebesar 5.404564. Dari penelitian-penelitian tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan *fuzzy time series* pada suatu prediksi data menghasilkan nilai *error* yang relatif kecil.

Berdasarkan penjelasan diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Prediksi Jumlah Penumpang Menggunakan *Fuzzy Time Series*”.



Peneliti berniat untuk mengetahui secara pasti penggunaan *fuzzy time series* pada suatu prediksi data.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series*.
2. Bagaimana analisis akurasi prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series*.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Membuat prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series*.
2. Melakukan analisis mengenai akurasi prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dijelaskan, manfaat penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series*, sehingga pengetahuan tersebut dapat menjadi sumber informasi dan pertimbangan untuk pembuatan kebijakan maupun strategi untuk pengembangan Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin kedepannya.
2. Hasil penelitian dapat menjadi bahan bacaan mengenai penggunaan *fuzzy time series* pada suatu prediksi data.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai peramalan menggunakan *fuzzy time series* telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Berikut beberapa penelitian terdahulu berkenaan dengan *fuzzy time series* yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya Mengenai *Fuzzy Time Series*

NO	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1	Seng Hansun	2012	Peramalan Data IHSG Menggunakan <i>Fuzzy Time Series</i>	<i>Fuzzy time series</i>	Menghasilkan <i>MAPE</i> sebesar 0,04777038 dan <i>MSE</i> sebesar 5.404564
2	Diera Desmonda, Tursina dan M Azhar Irwansyah	2018	Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode <i>Fuzzy Time Series</i>	<i>Fuzzy time series</i>	Menghasilkan akurasi sebesar 99,849% dengan nilai <i>MAPE</i> sebesar 0,151%
3	Ahmad Bastomi Wijaya, Candra Dewi dan Bayu Rahayudi	2018	Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode <i>High Order Fuzzy Time Series Multi Factors</i>	<i>High order fuzzy time series multi factors</i>	Menghasilkan nilai <i>MSE</i> sebesar 539,698
4	Aria Bayu Elfajar, Budi Darma Setiawan dan Candra Dewi	2017	Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode <i>Time Invariant Fuzzy Time Series</i>	<i>Time invariant fuzzy time series</i>	Menghasilkan nilai <i>error AFER</i> terbaik sebesar 0,0056%

Hansun (2012) melakukan penelitian yang bertujuan untuk memprediksi data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menggunakan *fuzzy time series*

menunjukkan hasil dengan akurasi yang cukup baik dengan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 0,04777038 dan *Mean Square Error (MSE)* sebesar 5.404564. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis, yaitu pada data yang digunakan, dimana penelitian tersebut menggunakan data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan data Jumlah Penumpang Pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.

Penelitian yang dilakukan Desmonda, dkk, (2018) bertujuan untuk memprediksi besaran curah hujan menggunakan *fuzzy time series*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan akurasi sebesar 99,849% dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 0,151% . Penelitian tersebut memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis, yaitu pada data yang digunakan, dimana penelitian tersebut menggunakan data curah hujan, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan data Jumlah Penumpang Pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.

Penelitian yang dilakukan Wijaya, dkk, (2018) bertujuan melakukan peramalan curah hujan menggunakan metode *high order fuzzy time series multi factors*. Berdasarkan hasil Penelitian diperoleh nilai *MSE* sebesar 539,698, dimana nilai tersebut diperoleh dari pengujian pengaruh jumlah data *training* terhadap nilai *MSE*. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis, yaitu pada data dan metode yang digunakan, dimana penelitian tersebut menggunakan data curah hujan Kabupaten Malang dari tahun 2011 sampai tahun 2016 dengan menggunakan metode *high order fuzzy time series*

*multi factors*, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan data Jumlah Penumpang Pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin dengan menggunakan metode *fuzzy time series*.

Penelitian yang dilakukan Elfajar, dkk, (2017) bertujuan untuk melakukan peramalan jumlah kunjungan wisatawan Kota Batu menggunakan metode *time invariant fuzzy time series*. Penelitian tersebut memperoleh hasil nilai rata-rata *error* AFER terbaik sebesar 0,0056% dengan menggunakan 60 data *training*. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis, yaitu pada data dan metode yang digunakan, dimana penelitian tersebut menggunakan data jumlah kunjungan wisatawan kota Batu dengan menggunakan metode *time invariant fuzzy time series*, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan data Jumlah Penumpang Pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin dengan menggunakan metode *fuzzy time series*.

## **2.2 Logika Fuzzy**

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lothfi A. Zadeh, seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Barkeley, melalui tulisannya pada tahun 1965. Logika *fuzzy* umumnya diterapkan pada masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian. Logika *fuzzy* dikembangkan dari teori himpunan. Dalam teori himpunan *fuzzy*, keanggotaan suatu elemen di dalam himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang nilainya terletak di dalam selang  $[0,1]$  (Munir, 2012).

Secara umum logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti menghitung dengan bilangan

(Naba, 2009) . Menurut Yulmaini (2015) ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, konsep matematik yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* dapat dibangun dan diaplikasikan berdasarkan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
5. Logika *fuzzy* dapat digunakan pada sistem kendali secara konvensional.
6. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

### **2.2.1 Himpunan *Fuzzy***

Himpunan *fuzzy* yaitu himpunan yang mendefinisikan bahwa suatu objek dapat menjadi bagian dari beberapa himpunan, dengan masing-masing bagian memiliki nilai keanggotaan berbeda (Dernoncourt, 2013). Misalnya terdapat seorang pria berumur 40 tahun yang usianya akan dinyatakan dalam himpunan *fuzzy*, maka kategori usia orang tersebut dapat dinyatakan dengan 60% tua dan 40% muda (Pambudi, dkk., 2018). Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu linguistik dan numeris. Linguistik, yaitu penamaan suatu group yang mewakili suatu kondisi, misalnya muda, parobaya dan tua. Numeris, yaitu ukuran dari suatu variabel seperti 30,40,55 dan 65 (Kholifah, 2018).

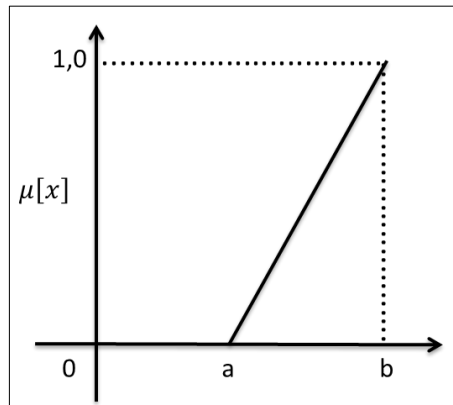
### 2.2.2 Fungsi Keanggotaan

Pada tahun 1965, Lofti A. Zadeh memperkenalkan fungsi keanggotaan lewat *paper* penelitiannya yang berjudul *Fuzzy Sets*. Fungsi keanggotaan menentukan *fuzziness* atau tingkat kekaburan anggota pada himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data kedalam nilai keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Abrori dan Primahayu, 2012). Beberapa fungsi yang bisa digunakan antara lain representasi kurva linear, representasi kurva segitiga dan representasi kurva trapesium (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

#### 1. Representasi kurva linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan *fuzzy* yang linear yaitu representasi linear naik dan representasi linear turun.

Kurva linear naik dimulai pada nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Representasi linear naik ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Representasi Linear Naik

Notasi matematika fungsi keanggotaan dengan representasi linear naik ditunjukkan pada Persamaan (2.1).

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x > b \end{cases} \quad (2.1)$$

Contoh 1:

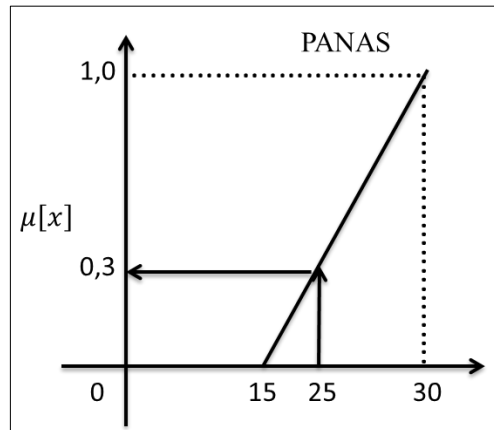
Diketahui variabel Temperatur dengan semesta pembicaraan dari nilai 0°C sampai 30°C. Terdapat satu buah himpunan Panas dengan domain dari 15°C sampai 30°C. Berapa derajat keanggotaan ( $\mu [x]$ ) untuk 20°C?

Karena nilai  $x$  adalah 20°C dan berada diantara nilai  $a$  dan  $b$  maka rumus yang digunakan adalah  $\mu [x] = (x - a) / (b - a)$ .

$$\begin{aligned} \mu_{Panas}[20^\circ\text{C}] &= \left( \frac{20^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}{30^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}} \right) \\ &= \left( \frac{5^\circ\text{C}}{15^\circ\text{C}} \right) = 0,3 \end{aligned}$$

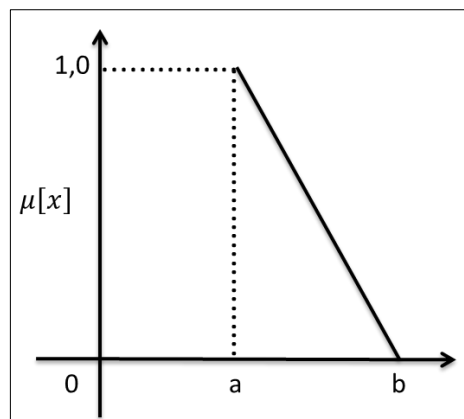
Maka derajat keanggotaan 20°C terhadap himpunan Panas adalah 0,3, yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.





Gambar 2.2 Representasi Linear Naik untuk Contoh 1

Kurva turun merupakan kebalikan dari linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai dominan dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Representasi kurva turun ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Representasi Linear Turun

Notasi matematika fungsi keanggotaan representasi linear turun ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x < a \\ 0; & x > b \end{cases} \quad (2.2)$$

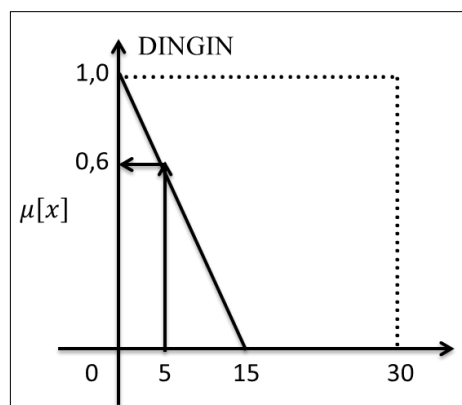
Contoh 2:

Diketahui variabel Temperatur dengan semesta pembicaraan dari nilai 0°C sampai 30°C. Terdapat satu buah himpunan Dingin dengan domain dari 0°C sampai 15°C. Berapa derajat keanggotaan ( $\mu [x]$ ) untuk 5°C?

Karena nilai  $x$  adalah 5°C dan berada diantara nilai  $a$  dan  $b$  jadi rumus yang digunakan adalah  $\mu [x] = (b - x) / (b - a)$ .

$$\begin{aligned}\mu_{Dingin}[5^{\circ}\text{C}] &= \left( \frac{15^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}}{15^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}} \right) \\ &= \left( \frac{10^{\circ}\text{C}}{15^{\circ}\text{C}} \right) = 0,6\end{aligned}$$

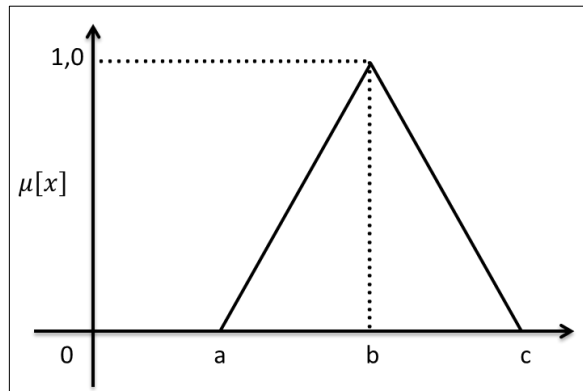
Maka derajat keanggotaan 5°C terhadap himpunan Dingin adalah 0,6. Yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Representasi Linear Turun untuk Contoh 2

## 2. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linear. Dalam fungsi segitiga hanya terdapat satu nilai  $x$  yang memiliki derajat keanggotaan 1, yaitu ketika  $x = b$ . Representasi kurva segitiga ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga

Notasi matematika fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga ditunjukkan pada Persamaan 2.3.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b < x \leq c \\ 1; & x = b \end{cases} \quad (2.3)$$

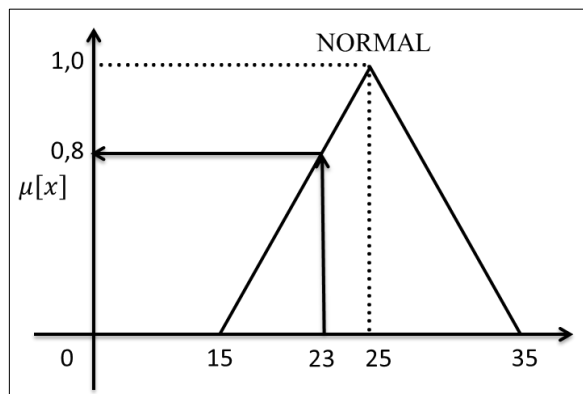
Contoh 3:

Diketahui variabel Temperature dengan himpunan Normal yang memiliki domain dari 15°C sampai 35°C. Berapa derajat keanggotaan untuk 23°C terhadap himpunan Normal ?

Karena nilai  $x$  adalah 23°C dan berada diantara nilai  $a$  dan  $b$  jadi rumus yang digunakan adalah  $\mu[x] = (x - a) / (b - a)$ .

$$\begin{aligned} \mu_{Normal}[23^\circ\text{C}] &= \left( \frac{23^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}{25^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}} \right) \\ &= \left( \frac{8^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C}} \right) = 0,8 \end{aligned}$$

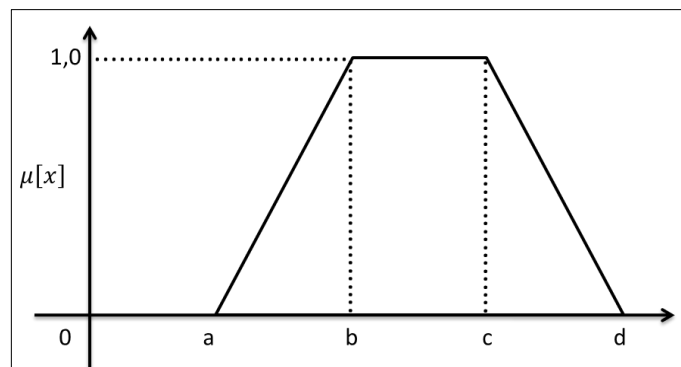
Maka derajat keanggotaan 23°C terhadap himpunan Normal adalah 0,8, yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga untuk Contoh 3

### 3. Representasi kurva trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Kurva naik dari domain  $a$  yang bernilai nol ke titik yang lebih tinggi, kemudian dari titik  $b$  ke  $c$  terjadi kurva datar, dari  $c$  ke  $d$  kurva linear turun. Representasi kurva trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium

Notasi matematika fungsi keanggotaan dengan representasi kurva trapesium ditunjukkan pada Persamaan (2.4).

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.4)$$

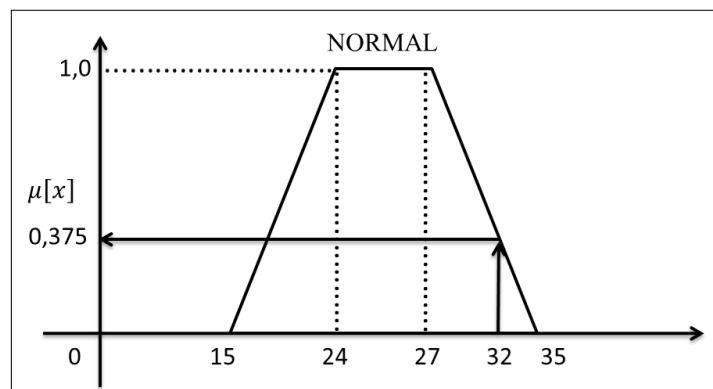
Contoh 4:

Fungsi keanggotaan pada variabel Temperatur ruangan memiliki semesta pembicaraan  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $35^{\circ}\text{C}$ . Terdapat himpunan Normal yang mempunyai domain dari  $24^{\circ}\text{C}$  sampai  $27^{\circ}\text{C}$ . Berapa derajat keanggotaan untuk  $32^{\circ}\text{C}$  ?

Karena nilai  $x$  adalah 32 dan berada diantara nilai  $c$  dan  $d$  jadi rumus yang digunakan adalah  $\mu[x] = (d - x) / (d - c)$ .

$$\begin{aligned} \mu_{Normal}[32^{\circ}\text{C}] &= \left( \frac{35^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}}{35^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}} \right) \\ &= \left( \frac{3^{\circ}\text{C}}{8^{\circ}\text{C}} \right) = 0,375 \end{aligned}$$

Maka derajat keanggotaan  $32^{\circ}\text{C}$  terhadap himpunan normal adalah 0,375, yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Representasi Kurva Trapesium untuk Contoh 4

## 2.3 Fuzzy Time Series

*Fuzzy time series* pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 untuk meramalkan jumlah pendaftar di suatu universitas. *Fuzzy time series (FTS)* adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem peramalan dengan *fuzzy time series* menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Anwary, 2011).

Metode ini digunakan oleh para peneliti untuk menyelesaikan masalah peramalan. Hal yang membedakan antara *fuzzy time series* dengan *time series* konvensional adalah nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan merupakan himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang ditentukan (Anwary, 2011).

### 2.3.1 Fuzzy Time Series Cheng

Cara untuk menentukan interval pada metode Cheng adalah dengan menggunakan *fuzzy logical relationship (FLR)* dengan memasukkan semua hubungan (*relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan *FLR* yang sama. Metode ini juga menerapkan peramalan adaptif untuk menghasilkan nilai perkiraan konklusif dalam memodifikasi peramalan (Yulianawati, 2018). Tahapan-tahapan dalam peramalan dengan *fuzzy time series* Cheng adalah sebagai berikut (Cheng, 2008):

1. Pendefinisian semesta pembicaraan (*universe of discourse*) yang dinotasikan sebagai  $U$ . Pendefinisian semesta pembicaraan dilakukan dengan mengambil nilai minimum sebagai nilai *Min* dan nilai maksimum sebagai nilai *Max*.

Kemudian semesta pembicaraan dibagi menjadi beberapa interval dengan jarak atau lebar yang sama. Bila ada jumlah data dalam suatu interval lebih besar dari nilai rata-rata dari banyaknya data tiap interval, maka interval tersebut dibagi menjadi dua interval yang lebih kecil. Himpunan semesta pembicaraan dinotasikan pada Persamaan (2.5), penentuan interval dapat menggunakan Persamaan (2.6) dan penentuan lebar interval dapat menggunakan Persamaan (2.7).

$$U = [Min, Max] \quad (2.5)$$

$$K = 1 + 3,3 \times \log(n) \quad (2.6)$$

$$Lebar\ Interval = \frac{Max - Min}{K} \quad (2.7)$$

2. Pendefinisian himpunan *fuzzy* pada semesta pembicaraan dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati. Misal  $A_1, A_2, \dots, A_k$  adalah himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik. Pendefinisian himpunan *fuzzy*  $A_1, A_2, \dots, A_k$  ditunjukkan pada Persamaan (2.8).

$$A_1 = \frac{a_{11}}{u_1} + \frac{a_{12}}{u_2} + \dots + \frac{a_{1m}}{u_m}$$

$$A_2 = \frac{a_{21}}{u_1} + \frac{a_{22}}{u_2} + \dots + \frac{a_{2m}}{u_m}$$

hingga,

$$A_k = \frac{a_{k1}}{u_1} + \frac{a_{k2}}{u_2} + \dots + \frac{a_{km}}{u_m} \quad (2.8)$$

Dimana  $a_{ij}$  menandakan derajat keanggotaan dari  $u_j$  dalam himpunan *fuzzy*  $A_i$ .

3. Penetapan relasi *fuzzy logic* berdasarkan data historis. Pada data yang telah difuzzifikasi dua himpunan *fuzzy* yang berurutan  $A_i(t - 1)$  dan  $A_j(t)$  dapat dinyatakan sebagai *FLR*  $A_i \rightarrow A_j$ .
4. Pengklasifikasian relasi *fuzzy logic* dengan *all relationship*. *FLR* yang memiliki *left hand side (LHS)* yang sama dapat dikelompokkan menjadi *group FLR*. Misalnya  $A_i \rightarrow A_j$ ,  $A_i \rightarrow A_k$ ,  $A_i \rightarrow A_m$  dapat dikelompokkan menjadi  $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_m$ . Semua *group FLR* dengan *LHS* yang sama dapat dinyatakan dalam bentuk matriks.
5. Penetapan bobot pada kelompok relasi *fuzzy logic*. Misal terdapat suatu urutan *FLR* yang sama, yaitu:

$(t = 1) A_1 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 1

$(t = 2) A_2 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 2

$(t = 3) A_3 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 3

$(t = 4) A_4 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 4

$(t = 5) A_5 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 5

dimana  $t$  menyatakan waktu.

6. Pentransferan bobot pada tahap 5 ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi ( $W_n(t)$ ) dengan Persamaan (2.9).

$$\begin{aligned}
 W_n(t) &= [W'1, W'2, \dots, W'k] \\
 &= \left[ \frac{W_1}{\sum_{k=1}^1 W_k}, \frac{W_2}{\sum_{k=1}^1 W_k}, \dots, \frac{W_k}{\sum_{k=1}^1 W_k} \right]
 \end{aligned} \tag{2.9}$$



7. Penghitungan hasil peramalan. Untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobotan  $(W(t))$  yang telah dinormalisasikan menjadi  $W_n(t)$  tersebut kemudian dikalikan dengan matriks defuzzifikasi yaitu  $L_{df}$ .  $L_{df} = [m_1, m_2, m_3]$  dimana  $m_k$  adalah nilai tengah dari tiap-tiap interval. Cara untuk menghitung nilai peramalan ditunjukkan pada Persamaan (2.10).

$$F_t = L_{df(t-1)} W_n(t-1) \quad (2.10)$$

8. Penerapan persamaan peramalan adaptif untuk mendapatkan hasil peramalan terbaik. Persamaan peramalan adaptif didefinisikan dalam Persamaan (2.11).

$$\text{Peramalan Adaptif}(t) = P(t-1) + h \times (F(t) - P(t-1)) \quad (2.11)$$

$P(t-1)$  adalah harga pada saat  $t-1$ ,  $h$  adalah parameter tertimbang dan  $F(t)$  adalah nilai peramalan awal.

## 2.4 Prediksi

Prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahannya (selisih antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin dengan yang akan terjadi (Herdianto, 2013).

Pengertian prediksi adalah sama dengan ramalan atau perkiraan. Menurut kamus besar bahasa Indonesia, prediksi adalah hasil dari kegiatan memprediksi atau meramal atau memperkirakan. Prediksi bisa berdasarkan metode ilmiah

ataupun subjektif belaka. Sebagai contoh, prediksi cuaca selalu berdasarkan data dan informasi terbaru yang didasarkan pengamatan termasuk oleh satelit. Begitupun prediksi gempa, gunung meletus ataupun bencana secara umum. Namun, prediksi seperti pertandingan sepakbola, olahraga umumnya berdasarkan pandangan subjektif dengan sudut pandang sendiri untuk memprediksinya (Ririanti, 2014).

Menurut Makridakis (1995) ada empat jenis pola data dalam peramalan atau prediksi yaitu:

1. *Trend*, pola data *trend* menunjukkan pergerakan data cenderung meningkat atau menurun dalam waktu yang lama.
2. *Seasonality* (musiman), pola data musiman terbentuk karena faktor musiman, seperti cuaca dan liburan.
3. *Cycles* (Siklus), pola data siklus terjadi jika variasi data bergelombang pada durasi lebih dari satu tahun dipengaruhi oleh faktor politik, perubahan ekonomi (ekspansi atau kontraksi) yang dikenal dengan siklus usaha.
4. *Horizontal/Stasionary/Random variation*, pola ini terjadi jika data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata secara acak tanpa membentuk pola yang jelas seperti pola musiman, *trend* ataupun siklus.

## **2.5 Data Runtun Waktu (*Time Series*)**

Data runtun waktu (*time series*) merupakan data yang terdiri atas satu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya harian, bulanan, mingguan, tahunan, dan lain-lain. Contoh data *time series* adalah data harga saham, data ekspor, data nilai tukar (*kurs*), data produksi, dan lain sebagainya. Jika diamati

masing-masing data tersebut terkait dengan waktu (*time*) dan terjadi berurutan. Misalnya data produksi minyak sawit dari tahun 2000 hingga 2009, data *kurs* Rupiah terhadap dolar Amerika Serikat dari tahun 2000 – 2006, dan lain-lain. Dengan demikian maka akan sangat mudah untuk mengenali jenis data ini. Data *time series* juga sangat berguna bagi pengambil keputusan untuk memperkirakan kejadian di masa yang akan datang. Karena diyakini pola perubahan data *time series* beberapa periode masa lampau akan kembali terulang pada masa kini (Haris, 2010).

## 2.6 *K-fold Cross Validation*

*K-fold cross validation* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui rata-rata keberhasilan dari suatu sistem dengan cara melakukan perulangan dengan mengacak atribut masukan sehingga sistem tersebut teruji untuk beberapa atribut input yang acak. *K-fold cross validation* diawali dengan membagi data sejumlah *n-fold* yang diinginkan. Dalam proses *cross validation* data akan dibagi dalam *n* buah partisi dengan ukuran yang sama  $D_1, D_2, D_3 \dots D_n$ . selanjutnya proses *testing* dan *training* dilakukan sebanyak *n* kali. Dalam iterasi ke-*i* partisi  $D_i$  akan menjadi data *testing* dan sisanya akan menjadi data *training*. Untuk penggunaan jumlah *fold* terbaik untuk uji validitas, dianjurkan menggunakan 10-*fold cross validation* (Kohavi, 1995).

10-*fold cross validation* adalah salah satu *k-fold cross validation* yang direkomendasikan untuk pemilihan model terbaik karena cenderung memberikan estimasi akurasi yang kurang bias dibandingkan dengan *cross validation* biasa, *leave-one-out* dan *bootstrap*. Dalam 10-*fold cross validation*, data dibagi menjadi



Dimana  $n$  adalah jumlah data dan  $e_t$  adalah nilai kesalahan ramalan yang diperoleh dari  $x_t - \hat{x}_t$ , nilai data aktual dinotasikan dengan  $x_t$  dan  $\hat{x}_t$  adalah nilai ramalannya (Hansun, 2012).

Semakin rendah nilai MAPE, maka dapat dikatakan model peramalan memiliki kemampuan yang baik. Signifikansi nilai untuk *MAPE* dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Chang, dkk, 2007).

Tabel 2.2 Signifikansi Nilai *MAPE*

<b>MAPE</b>	<b>Signifikansi</b>
<10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10-20%	Kemampuan peramalan baik
20-50%	Kemampuan peramalan layak / memadai
>50%	Kemampuan peramalan buruk


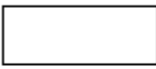






## 2.8 Flowchart

Menurut Sitorus (2015) *flowchart* menggambarkan urutan logika dari suatu prosedur masalah, sehingga *flowchart* merupakan langkah-langkah penyelesaian masalah yang dituliskan dalam simbol-simbol tertentu. Dengan menggunakan *flowchart* (diagram alir) maka seorang *programmer* dapat memberikan idenya secara tertulis sehingga dapat dipahami oleh *programmer* lain, oleh klien, atau oleh tim kerjanya. Ada dua bentuk *flowchart* yaitu program *flowchart* dan sistem *flowchart*.

1. Program *flowchart*, yaitu simbol-simbol *flowchart* yang digunakan untuk menggambarkan logik dari pemrosesan terhadap data. Simbol yang digunakan dalam program *flowchart* ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel Simbol Program *Flowchart*

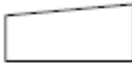




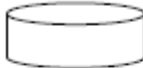



(Sumber: Suarga, 2012)

Simbol	Keterangan
	Terminator, mulai atau selesai.
	Proses, menyatakan proses terhadap data.
	Input/Output, menerima input atau menampilkan output.
	Seleksi/Pilihan, memilih aliran berdasarkan syarat.
	Predefined-Data, definisi awal dari variabel atau data.
	Predefined-Process, lambang fungsi atau sub-program.
	Connector, penghubung.
	Off-page Connector, penghubung penghubung pada halaman yang berbeda

2. Sistem *flowchart*, merupakan simbol-simbol peralatan sistem komputer yang digunakan untuk menyatakan proses pengolahan data. Simbol yang digunakan dalam sistem *flowchart* ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.4 Tabel Simbol Sistem *Flowchart*

(Sumber: Suarga, 2012)

Simbol	Keterangan
	Keyboard
	Printer
	File/Storage
	Display/Monitor
	Magnetic Tape
	Magnetic Disk
	Sorting
	Extract
	Merge

Dalam menyusun *flowchart* terdapat teknik-teknik pembuatan *flowchart*, yaitu *General Way* dan *Iteration Way*.

1. *General Way*, cara ini sering digunakan dalam penyusunan logika suatu program, yang menggunakan pengulangan proses secara tidak langsung (*Non-Direct Loop*).
2. *Iteration Way*, cara ini sering dipakai untuk logika program yang cepat, serta bentuk permasalahan yang kompleks, pengulangan proses yang terjadi bersifat langsung (*Direct Loop*).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan November 2019 sampai dengan bulan Maret 2020. Penelitian ini bertempat di Laboratorium Penelitian Mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo.

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

Penelitian menggunakan data sekunder, yaitu data jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin. Data yang digunakan tersebut diperoleh melalui *website* <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/812>. Data tersebut merupakan data olahan Badan Pusat Statistik.

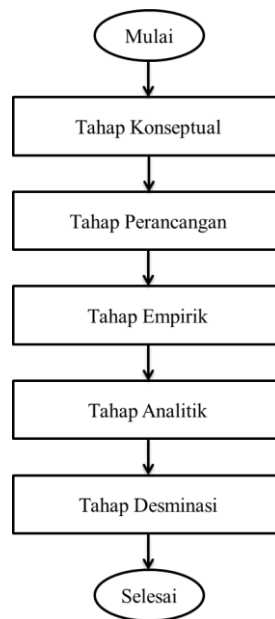
#### **3.3 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu (Sugiyono, 2013). Menurut Polit dan Hungler (1999) dalam Iskandar dan Hidayat (2015) metode penelitian kuantitatif memiliki tahap-tahap sebagai berikut:



1. Tahap konseptual, merupakan tahap awal sebelum dimulainya suatu penelitian, kegiatan utama pada tahap ini adalah sebagai berikut:
  - a. Identifikasi masalah: memahami permasalahan, mengenali tujuan dari penelitian yang dilakukan serta membuat batas-batas dari penelitian.
  - b. Studi literatur: menelusuri teori-teori yang berhubungan dengan *fuzzy time series* yang bersumber dari buku, artikel dari internet serta jurnal-jurnal yang terkait.
2. Tahap perancangan, dalam tahap ini, peneliti merancang parameter maupun model parameter penelitian yang akan dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian dari awal sampai akhir.
3. Tahap empirik, pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah pengumpulan data untuk dianalisis.
4. Tahap analitik, pada tahap analitik, data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis serta dilakukan evaluasi untuk menemukan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.
5. Tahap diseminasi, membuat laporan hasil penelitian agar hasil penelitian dapat dengan mudah dibaca, dimengerti dan dipahami oleh pembaca.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian kuantitatif dapat diilustrasikan seperti Gambar 3.1. Dalam gambar tersebut menunjukkan *flowchart* tahap-tahap penelitian kuantitatif dari awal penelitian sampai akhir penelitian.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian Kuantitatif

(Sumber: Polit dan Hungler, 1999 dalam Iskandar dan Hidayat, 2015)

### 3.4 Prosedur Penelitian

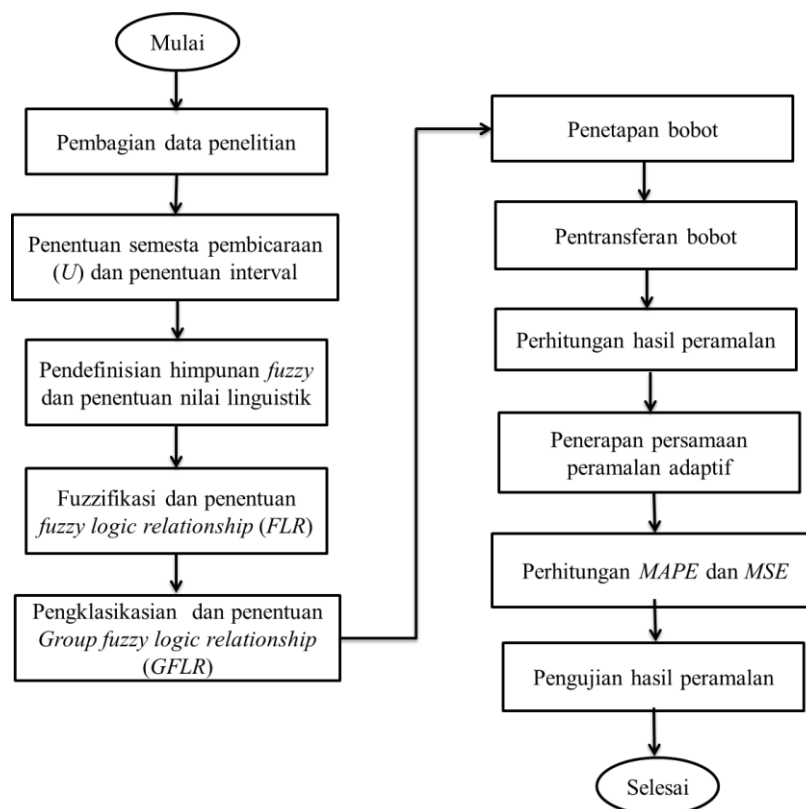
Penelitian ini akan dilaksanakan dengan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembagian data penelitian menjadi data latih (*training*) dan data uji (*testing*).
2. Penentuan himpunan semesta pembicaraan ( $U$ ), himpunan semesta pembicaraan akan dinotasikan menggunakan Persamaan (2.5), penentuan interval akan menggunakan Persamaan (2.6) dan penentuan lebar interval akan menggunakan Persamaan (2.7).
3. Pendefinisian himpunan *fuzzy* dan penentuan nilai linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy* dilakukan menggunakan Persamaan (2.8).
4. Fuzzifikasi dan penetapan *fuzzy logic relationship* (*FLR*) berdasarkan data penelitian dan himpunan *fuzzy* yang telah terbentuk.

5. Pengklasifikasian *fuzzy logic relationship (FLR)*, *FLR* yang memiliki *left hand side (LHS)* yang sama dapat dikelompokkan menjadi *group fuzzy logic relationship (GFLR)*. Misalnya  $A_i \rightarrow A_j$ ,  $A_i \rightarrow A_k$ ,  $A_i \rightarrow A_m$  dapat dikelompokkan menjadi  $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_m$ . Semua *group FLR* dengan *LHS* yang sama dapat dinyatakan dalam bentuk matriks.
6. Penetapan bobot pada kelompok relasi *fuzzy logic*, misal terdapat suatu urutan *FLR* yang sama, yaitu:
  - $(t = 1) A_1 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 1
  - $(t = 2) A_2 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 2
  - $(t = 3) A_3 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 3
  - $(t = 4) A_4 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 4
  - $(t = 5) A_5 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 5
 dimana  $t$  menyatakan waktu.
7. Pentransferan bobot pada tahap 6 ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi menjadi  $(W_n(t))$  dengan Persamaan (2.9).
8. Penghitungan hasil peramalan, untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobotan  $(W(t))$  yang telah dinormalisasikan menjadi  $W_n(t)$ , kemudian dikalikan dengan matriks defuzzifikasi yaitu  $L_{df}$ .  $L_{df} = [m_1, m_2, m_3]$  dimana  $m_k$  adalah nilai tengah dari tiap-tiap interval. Cara untuk menghitung nilai peramalan ditunjukkan pada Persamaan (2.10).
9. Penerapan persamaan peramalan adaptif untuk mendapatkan hasil peramalan terbaik. Penentuan ini menggunakan Persamaan (2.11).

10. Perhitungan nilai  $MSE$  dan  $MAPE$  dengan menggunakan Persamaan 2.12 dan Persamaan 2.13.  $MSE$  akan digunakan untuk menunjukkan nilai *error* dari data *training*, sedangkan  $MAPE$  akan digunakan untuk menunjukkan nilai *error* dari data *testing*.
11. Pengujian hasil peramalan, pengujian dilakukan menggunakan metode *k-fold cross validation*, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi metode *fuzzy time series* yang diterapkan pada data penelitian jika diuji dengan data *training* dan data *testing* yang berbeda .

Berdasarkan tahapan-tahapan penelitian sebelumnya, dapat dibuat *flowchart* prosedur penelitian. *Flowchart* prosedur penelitian yang akan dilaksanakan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart* Prosedur Penelitian



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah penumpang pesawat Bandara Sultan Hasanuddin Makassar. Data yang digunakan merupakan data bulanan dari tahun 2006 sampai tahun 2018 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Jumlah Penumpang Pesawat  
Bandara Sultan Hasanuddin Makassar

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
<b>2006</b>	109646	93528	105850	108381	111989	119449	141863	133200	124353	107728	133415	123649
<b>2007</b>	119125	93441	110552	111920	124718	121728	143273	142540	143965	172130	158002	182100
<b>2008</b>	139850	120389	130313	118046	139983	128220	139306	140024	100717	144726	138028	138659
<b>2009</b>	140407	127764	147110	135680	151062	150541	163200	157696	148946	178119	160807	115750
<b>2010</b>	174885	160367	188925	182210	187673	185722	220400	177523	207221	211576	202386	213618
<b>2011</b>	221048	191047	210888	203694	212927	224308	236545	317082	250400	233290	236419	238932
<b>2012</b>	258855	231457	248891	248037	249393	268880	266740	258670	262702	251176	231024	189955
<b>2013</b>	280711	242026	291695	269935	294782	312316	286661	318352	285830	306944	295746	285474
<b>2014</b>	287815	235540	255067	236644	262107	273007	219635	306915	245300	284951	272188	268411
<b>2015</b>	263245	215298	252525	234491	281906	261900	309799	322679	256807	308115	292726	306862
<b>2016</b>	376967	282961	309626	302431	349507	277715	395195	318159	323990	319488	318297	350815
<b>2017</b>	352303	277667	324880	321736	339579	295404	437365	339820	363580	355451	344065	366189
<b>2018</b>	369341	309966	344360	358725	329273	378082	431134	361641	364450	376212	338239	359634

Data pada Tabel 4.1 dibagi menjadi 2 bagian, yaitu data latih dan data uji.

Adapun pembagian data yang digunakan adalah 70% data latih dan 30% data uji.

Data latih diperoleh dari data tahun 2006 sampai

dengan tahun 2014, sedangkan data uji diperoleh dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2018.

## 4.2 Analisis *Fuzzy Time Series*

### 4.2.1 Penentuan Himpunan Semesta Pembicaraan

Himpunan semesta pembicaraan adalah himpunan yang memuat semua anggota atau objek yang dibicarakan. Penentuan himpunan semesta pembicaraan dilakukan dengan menggunakan nilai *min* dan *max* dari data latih yang digunakan

Data latih yang digunakan adalah data penumpang pesawat dari tahun 2006 sampai dengan 2014, dengan jumlah data 108. Nilai *min* dari data tersebut adalah 93441 penumpang dan nilai *max* adalah 318352 penumpang, sehingga himpunan semesta untuk data penumpang pesawat dinotasikan dengan  $U = [93441; 318352]$ .

### 4.2.2 Penentuan Interval

Penentuan interval dilakukan dengan mencari jumlah interval dan lebar interval terlebih dahulu. Penentuan jumlah interval menggunakan Persamaan (2.6), sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,3 \times \log 108 \\ &= 1 + 3,3 \times 2,03 \\ &= 1 + 6,69 \\ &= 7,69 \approx 8 \end{aligned}$$

Penentuan lebar interval menggunakan Persamaan (2.7), sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Interval} &= \frac{318.352 - 93.441}{8} \\
 &= \frac{224.911}{8} \\
 &= 28.113,875 \approx 28.114
 \end{aligned}$$

Berdasarkan himpunan semesta pembicaraan, jumlah interval dan lebar interval yang telah diperoleh, maka frekuensi data penumpang pada setiap interval dapat ditentukan, yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Frekuensi Data Penumpang Pesawat pada Setiap Interval

INTERVAL	FREKUENSI
$U_1=[93441, 121555]$	15
$U_2=[121556, 149670]$	24
$U_3=[149671, 177785]$	10
$U_4=[177786, 205900]$	10
$U_5=[205901, 234015]$	12
$U_6=[234016, 262130]$	16
$U_7=[262131, 290245]$	13
$U_8=[290246, 318360]$	8

Interval untuk data penumpang pesawat berjumlah 8, sehingga frekuensi setiap interval maksimal adalah 8. Setiap interval yang mempunyai nilai frekuensi lebih dari 8 harus dibagi menjadi 2 atau lebih interval dengan lebar interval yang sama hingga nilai frekuensi yang diperoleh kurang dari atau sama dengan 8. Setelah pembagian interval, diperoleh interval yang digunakan adalah 18 interval. Kemudian ditentukan nilai tengah pada setiap interval, yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.



Tabel 4.3 Frekuensi dan Nilai Tengah pada Setiap Interval

INTERVAL	FREKUENSI	NILAI TENGAH
$U_1=[93441,107499]$	4	100470
$U_2=[107450,114527]$	6	110988,5
$U_3=[114528,121555]$	5	118041,5
$U_4=[121556,130927]$	7	126241,5
$U_5=[130928,137176]$	3	134052
$U_6=[137177,141341]$	7	139259
$U_7=[141342,149670]$	7	145506
$U_8=[149671,163728]$	7	156699,5
$U_9=[163729,177785]$	3	170757
$U_{10}=[177786,191843]$	8	184814,5
$U_{11}=[191844,205900]$	2	198872
$U_{12}=[205901,219958]$	6	212929,5
$U_{13}=[219959,234015]$	6	226987
$U_{14}=[234016,248073]$	8	241044,5
$U_{15}=[248074,262130]$	8	255102
$U_{16}=[262131,276188]$	7	269159,5
$U_{17}=[276189,290245]$	6	283217
$U_{18}=[290246,318360]$	8	304303

#### 4.2.3 Penentuan Nilai Linguistik dan Himpunan *Fuzzy*

Setelah diperoleh jumlah interval dengan frekuensi yang tepat, maka langkah selanjutnya adalah penentuan himpunan *fuzzy* dan penentuan nilai linguistik. Nilai linguistik merupakan nilai yang dinyatakan dalam bentuk bahasa alami.

Penentuan himpunan *fuzzy* dan nilai linguistik dilakukan sesuai dengan jumlah interval yang diperoleh sebelumnya, dimana setiap interval diubah kedalam himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* dan nilai linguistik yang telah diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Himpunan *Fuzzy* dan Nilai Linguistik

NILAI LINGUISTIK DAN HIMPUNAN <i>FUZZY</i>	
Himpunan <i>Fuzzy</i>	Nilai Linguistik
A1	Sangat turun drastis sekali
A2	turun drastis
A3	sangat-sangat turun sekali
A4	sangat turun sekali
A5	turun sekali
A6	cukup turun
A7	Turun
A8	sedikit turun
A9	Moderat
A10	sedikit naik
A11	Naik
A12	cukup naik
A13	naik sekali
A14	sangat naik sekali
A15	sangat-sangat naik sekali
A16	naik drastis
A17	Sangat naik drastis
A18	sangat naik drastis sekali

#### 4.2.4 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi data terbentuk berdasarkan interval yang telah diperoleh sebelumnya. Setiap interval difuzzifikasi menjadi himpunan *fuzzy*. Interval  $U_1 = [93441, 107499]$  difuzzifikasi menjadi himpunan *fuzzy*  $A_1$ . Hal ini dilakukan hingga interval  $U_{18} = [290246, 318360]$  difuzzifikasi menjadi himpunan *fuzzy*  $A_{18}$ .

Fuzzifikasi data untuk tahun 2006 sampai 2008 yang telah diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.5. Data tahun 2009 sampai 2014 ditunjukkan pada Lampiran 1.

Tabel 4.5 Fuzzifikasi

Tahun	Bulan	Penumpang	Interval	Himpunan <i>fuzzy</i>
2006	JAN	109646	U2	A2
	FEB	93528	U1	A1
	MAR	105850	U1	A1
	APR	108381	U2	A2
	MEI	111989	U2	A2
	JUN	119449	U3	A3
	JUL	141863	U7	A7
	AGT	133200	U5	A5
	SEP	124353	U4	A4
	OKT	107728	U2	A2
	NOV	133415	U5	A5
	DES	123649	U4	A4
2007	JAN	119125	U3	A3
	FEB	93441	U1	A1
	MAR	110552	U2	A2
	APR	111920	U2	A2
	MEI	124718	U4	A4
	JUN	121728	U4	A4
	JUL	143273	U7	A7
	AGT	142540	U7	A7
	SEP	143965	U7	A7
	OKT	172130	U9	A9
	NOV	158002	U8	A8
	DES	182100	U10	A10
2008	JAN	139850	U6	A6
	FEB	120389	U3	A3
	MAR	130313	U4	A4
	APR	118046	U3	A3
	MEI	139983	U6	A6
	JUN	128220	U4	A4
	JUL	139306	U6	A6
	AGT	140024	U6	A6
	SEP	100717	U1	A1
	OKT	144726	U7	A7
	NOV	138028	U6	A6
	DES	138659	U6	A6

#### 4.2.5 Pendefinisian Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy  $A_1, A_2, \dots, A_{20}$  dapat dibentuk berdasarkan interval yang telah terbentuk sebelumnya. Pendefinisian himpunan fuzzy berkaitan dengan derajat keanggotaan setiap himpunan fuzzy. Sehingga himpunan fuzzy pada data penumpang pesawat dapat didefinisikan dengan Persamaan 2.8, sehingga diperoleh:

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18}$$

Dapat dilihat dari persamaan tersebut himpunan fuzzy  $A_1$  memiliki derajat keanggotaan paling tinggi pada himpunan fuzzy  $A_1$ , yaitu sama dengan 1 dan kemudian memiliki derajat keanggotaan sama dengan 0,5 pada himpunan fuzzy  $A_2$ , dan pada himpunan fuzzy lainnya,  $A_1$  memiliki derajat keanggotaan sama dengan 0. Dengan cara yang sama diperoleh definisi himpunan fuzzy untuk semua himpunan fuzzy, seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 2.

#### 4.2.6 Penetapan FLR

Penetapan Relasi dilakukan berdasarkan hasil fuzzifikasi yang terdapat pada Tabel 4.5. Penentuan FLR dilakukan dengan ketentuan  $A_i \rightarrow A_j$ , dimana  $A_i$  adalah *current state* dan  $A_j$  adalah *next state*.

Hasil penetapan relasi logika fuzzy untuk sebagian data ditunjukkan pada Tabel 4.6. Data lengkap relasi logika fuzzy ditunjukkan pada Lampiran 3.

Tabel 4.6 Relasi Logika *Fuzzy* Data Penumpang Pesawat

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>
A2	A1
A1	A1
A1	A2
A2	A2
A2	A3
A3	A7
A7	A5
A2	A4
A1	A2
A4	A5
A2	A4
A2	A3
A1	A1

#### 4.2.7 Penetapan *FLRG*

*FLRG* sangat berpengaruh pada nilai peramalan yang akan diperoleh, dimana berdasarkan *FLRG* akan ditentukan pembobotan. Penentuan *FLRG* dilakukan berdasarkan *FLR* yang telah diperoleh pada Tabel 4.6.

Penentuan *FLRG* dilakukan dengan menggabungkan *FLR* yang memiliki  $A_i$  yang sama. Contohnya  $A_1 \rightarrow A_2$  dan  $A_1 \rightarrow A_2$  maka akan digabung dalam group yang sama. Hasil dari penentuan *FLRG* ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 *FLRG*

Fuzzifikasi ( $A_i$ )	Relasi Fuzzifikasi ( $A_j$ )
A1	A1, A2,A7
A2	A1,A2,A3,A4,A5
A3	A1,A4,A6,A7
A4	A2,A3,A4,A6,A7
A5	A4
A6	A1,A3,A6,A9,A13
A7	A5,A6,A7,A9
A8	A10
A9	A8,A12
A10	A6,A10,A12,A13,A17
A11	A12
A12	A6,A11,A12,A13,A18
A13	A9,A10,A14,A15
A14	A14,A15,A17,A18
A15	A13,A14,A16
A16	A12,A15,A16,A18
A17	A14,A16,A17,A18
A18	A14,A15,A16,A17,A18

#### 4.2.8 Penetapan Bobot

Penetapan bobot diperoleh berdasarkan *FLR* yang telah diperoleh. Berdasarkan *FLR* maka akan diketahui nilai pembobotan dan kemudian dinyatakan dalam bentuk matriks.

Penetapan bobot dipengaruhi oleh *FLR* yang telah ada, dimana setiap *FLR* akan ditentukan jumlahnya dalam semua *FLR* yang terbentuk, dan jumlah inilah yang akan menjadi bobot untuk relasi logika *fuzzy* tersebut. Pembobotan *fuzzy* untuk data penumpang pesawat ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Pembobotan *Fuzzy* untuk Data Penumpang Pesawat

X(t-1)	X(t)																	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
A1	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	1	3	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	2	0	2	2	0	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1	1	0	0	0	1	0
A11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	1	2
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	3	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	1
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2
A18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	2

#### 4.2.9 Penentuan Bobot Ternormalisasi

Penentuan bobot ternormalisasi diperoleh berdasarkan nilai pembobotan yang telah diperoleh sebelumnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.8. Penentuan bobot ternormalisasi dilakukan dengan melakukan pentransferan bobot sebelumnya ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi dengan menggunakan Persamaan 2.9.

Penentuan bobot ternormalisasi mempengaruhi nilai peramalan yang akan diperoleh, dimana bobot ternormalisasi akan dikalikan dengan nilai tengah setiap himpunan *fuzzy* dalam sebuah matriks. Hasil penentuan bobot ternormalisasi untuk data penumpang pesawat ditunjukkan pada Tabel 4.9.



Tabel 4.9 Bobot Ternormalisasi untuk Data Penumpang Pesawat

X(t-1)	X(t)																	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
A1	1/5	2/5	0	0	0	0	2/5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1/6	1/3	1/6	1/6	1/6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1/6	0	0	1/3	0	1/3	1/6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	1/8	3/8	1/8	0	1/4	1/8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	1/6	0	1/6	1/6	0	1/3	0	0	1/12	0	0	0	1/12	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	1/6	1/3	1/3	0	1/6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	2/3	0	0	0	1/3	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	1/7	0	0	0	3/7	0	1/7	1/7	0	0	0	1/7	0
A11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	1/6	0	0	0	0	1/3	1/6	1/6	0	0	0	0	1/6
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	1/6	1/3	0	0	0	1/3	1/6	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/8	1/2	0	1/8	1/4
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3/8	1/4	0	3/8	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/6	0	0	1/3	1/3	0	1/6
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/3	0	1/6	1/6	1/3
A18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/8	1/8	1/8	3/8	1/4

#### 4.2.10 Perhitungan Nilai Peramalan

Perhitungan nilai peramalan dipengaruhi *FLRG* yang telah diperoleh, dimana setiap nilai peramalan akan memiliki jumlah matriks sesuai dengan jumlah  $A_j$  yang ada pada setiap *FLRG*. Contohnya  $F_1$  memiliki matriks  $3 \times 3$  karena memiliki  $A_j$  sebanyak 3, yaitu  $A_1, A_2, A_7$ .

Nilai peramalan dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.10, yaitu dengan mengalikan matriks bobot ( $W(t)$ ) yang telah dinormalisasikan menjadi ( $W_n(t)$ ) dengan defuzzifikasi  $L_{df}$ .

$$\begin{aligned}
 F_1 &= [m_1 \quad m_2 \quad m_7] \times \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_7 \end{bmatrix} \\
 &= [100470 \quad 111013 \quad 145506] \times \begin{bmatrix} 1/4 \\ 1/2 \\ 1/4 \end{bmatrix} \\
 &= 25117 + 55507 + 36377 \\
 &= 117000
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai peramalan untuk semua himpunan fuzzy, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Peramalan

FUZZIFIKASI	RELASI FUZZIFIKASI	NILAI PERAMALAN
A1	A1,A2,A7	122702
A2	A1,A2,A3,A4,A5	116805
A3	A1,A4,A6,A7	129496
A4	A2,A3,A4,A6,A7	108737
A5	A4	126242
A6	A1,A3,A4,A6,A9,A13	137024
A7	A5,A6,A7,A9	145723
A8	A10	184815
A9	A8,A12	175443
A10	A6,A10,A12,A13,A17	202405
A11	A12	212930
A12	A6,A11,A12,A13,A18	213537
A13	A9,A10,A14,A15	212930
A14	A14,A15,A17,A18	269159
A15	A13,A14,A16	246316
A16	A12,A15,A16,A18	260959
A17	A14,A16,A17,A18	273845
A18	A14,A15,A16,A17,A18	277945

Nilai peramalan untuk  $t$  yaitu  $F(t)$  diperoleh dari nilai peramalan himpunan *fuzzy* untuk  $t-1$ , yaitu  $F(t-1)$ . Misal, penentuan nilai  $F(t)$  untuk  $t$ =januari 2015, dilakukan dengan cara mengambil nilai peramalan dari himpunan *fuzzy* untuk  $t-1$  yaitu  $t$ =januari 2014, yang nilainya adalah 273845 penumpang. Dengan cara yang sama diperoleh  $F(t)$  untuk semua data, yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai Peramalan Data Uji

TAHUN	BULAN	F(t) (Penumpang)	Himpunan <i>Fuzzy</i>
2015	JAN	273845	A16
	FEB	269159	A16
	MAR	246316	A14
	APR	269159	A16
	MEI	246316	A14
	JUN	260959	A15
	JUL	228158	A13
	AGT	277945	A17
	SEP	269159	A16
	OKT	273845	A16
	NOV	260959	A15
	DES	260959	A15
2016	JAN	260959	A15
	FEB	260959	A15
	MAR	269159	A16
	APR	260959	A15
	MEI	269159	A16
	JUN	246316	A14
	JUL	212930	A12
	AGT	273845	A16
	SEP	260959	A15
	OKT	260959	A15
	NOV	246316	A14
	DES	246316	A14

TAHUN	BULAN	F(t) (Penumpang)	Himpunan <i>Fuzzy</i>
2017	JAN	246316	A14
	FEB	246316	A14
	MAR	260959	A15
	APR	246316	A14
	MEI	260959	A15
	JUN	269159	A16
	JAL	228158	A13
	AGT	260959	A15
	SEP	246316	A14
	OKT	246316	A14
	NOV	269159	A16
	DES	269159	A16
2018	JAN	269159	A16
	FEB	269159	A16
	MAR	246316	A14
	APR	269159	A16
	MEI	246316	A14
	JUN	260959	A15
	JUL	212930	A12
	AGT	246316	A14
	SEP	269159	A16
	OKT	269159	A16
	NOV	260959	A15
	DES	260959	A15

#### 4.2.11 Perhitungan Nilai Peramalan Adaptif

Nilai peramalan adaptif digunakan untuk memperoleh nilai peramalan terbaik, yang diperoleh menggunakan Persamaan (2.11), dengan menggunakan parameter tertimbang ( $h$ ). Parameter tertimbang ( $h$ ) untuk data penumpang pesawat yaitu 0,3.

Nilai  $h=0,3$  diperoleh dari pencarian dengan skenario pencarian dilakukan dari  $h=0$  sampai  $h=1$ . Diperoleh nilai dengan *MAPE* terendah adalah  $h=0,3$ , kemudian dilakukan pencarian lagi untuk  $h=0,31$  sampai dengan  $h=0,39$ , dan diperoleh nilai dengan *MAPE* terendah adalah  $h=0,31$ . Kemudian dibandingkan dengan nilai *MAPE* terendah pada rentang sebelumnya yaitu, 0,3, sehingga diperoleh nilai *MAPE* terendah berada pada  $h=0,3$  yang bernilai 1,08%.

Perhitungan nilai peramalan dilakukan dengan Persamaan (2.11). Misal, untuk  $t=\text{januari 2015}$ , maka nilai peramalan adaptifnya dihitung dengan cara sebagai berikut:

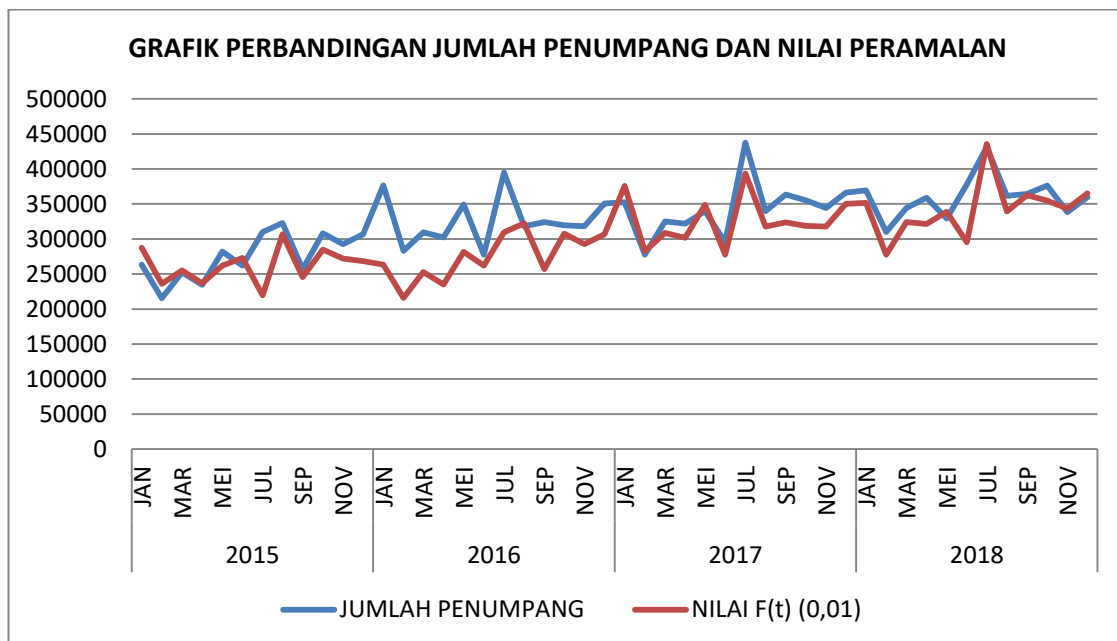
$$\begin{aligned}\text{Peramalan Adaptif (Jan 2015)} &= P(\text{Jan 2014}) + h \times (F(\text{Jan 2015}) - P(\text{Jan 2014})) \\ &= 287.815 + 0,3 \times (273.845 - 287.815) \\ &= 283.624 \text{ Penumpang}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai peramalan adaptif untuk setiap data uji, yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Nilai Peramalan Adaptif

TAHUN	BULAN	F(t) (Penumpang)	Nilai Adaptif (Penumpang)
2015	JAN	273845	283624
	FEB	269159	245626
	MAR	246316	252442
	APR	269159	246399
	MEI	246316	257370
	JUN	260959	269393
	JUL	228158	222192
	AGT	277945	298224
	SEP	269159	252458
	OKT	273845	281619
	NOV	260959	268819
	DES	260959	266175
2016	JAN	260959	267655
	FEB	260959	234092
	MAR	269159	260151
	APR	260959	247527
	MEI	269159	280718
	JUN	246316	266714
	JUL	212930	300243
	AGT	273845	309259
	SEP	260959	263149
	OKT	260959	299064
	NOV	246316	288292
	DES	246316	298187

TAHUN	BULAN	F(t) (Penumpang)	Nilai Adaptif (Penumpang)
2017	JAN	246316	347261
	FEB	246316	276360
	MAR	260959	285186
	APR	246316	285597
	MEI	260959	325403
	JUN	269159	276554
	JUL	228158	350531
	AGT	260959	306095
	SEP	246316	310177
	OKT	246316	297536
	NOV	269159	306192
	DES	269159	328954
2018	JAN	269159	329996
	FEB	269159	277751
	MAR	246316	309570
	APR	269159	308599
	MEI	246316	321089
	JUN	260959	290166
	JUL	212930	388309
	AGT	246316	321258
	SEP	269159	337890
	OKT	269159	332199
	NOV	260959	324229
	DES	260959	339716



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Jumlah Penumpang dan Nilai Peramalan

Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan jumlah penumpang pesawat dan nilai peramalan, dimana grafik tersebut memperlihatkan beberapa nilai peramalan yang memiliki kurva yang hampir sama dengan jumlah penumpang.

#### 4.3 Perhitungan *MAPE*

Setelah diperoleh hasil peramalan untuk data uji, maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai kesalahan dari hasil peramalan tersebut. Dalam hal ini peneliti menggunakan *MAPE*.

Nilai *MAPE* dari data latih dan data uji dihitung secara terpisah. Nilai *MAPE* diperoleh menggunakan Persamaan 2.12. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh nilai kesalahan data uji dan data latih. Nilai *MAPE* dari data latih dan data uji ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Nilai *MAPE*

	<i>MAPE</i>	Signifikansi <i>MAPE</i>
Data Latih	1,08%	Kemampuan peramalan sangat baik
Data Uji	2,26%	Kemampuan peramalan sangat baik

#### 4.4 Pengujian Menggunakan *10-Fold Cross Validation*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui akurasi metode *fuzzy time series* yang diterapkan pada prediksi penumpang pesawat. Peneliti menggunakan skenario pengujian dengan *10-fold cross validation*.

skenario pengujian *10-fold cross validation* membagi data menjadi *10 fold*. Setiap fold memiliki data latih dan data uji yang berbeda. Pembagian *fold* untuk data penumpang pesawat ditunjukkan pada Table 4.14.

Tabel 4.14 Skenario Pembagian Data untuk Pengujian

<i>FOLD</i>	DATA LATIH	DATA UJI
<i>Fold 1</i>	Subset 2,3,4,5,6,7,8,9,10	Subset 1
<i>Fold 2</i>	Subset 1,3,4,5,6,7,8,9,10	Subset 2
<i>Fold 3</i>	Subset 1,2,4,5,6,7,8,9,10	Subset 3
<i>Fold 4</i>	Subset 1,2,3,5,6,7,8,9,10	Subset 4
<i>Fold 5</i>	Subset 1,2,3,4,6,7,8,9,10	Subset 5
<i>Fold 6</i>	Subset 1,2,3,4,5,7,8,9,10	Subset 6
<i>Fold 7</i>	Subset 1,2,3,4,5,6,8,9,10	Subset 7
<i>Fold 8</i>	Subset 1,2,3,4,5,6,7,9,10	Subset 8
<i>Fold 9</i>	Subset 1,2,3,4,5,6,7,8,10	Subset 9
<i>Fold 10</i>	Subset 1,2,3,4,5,6,7,8,9	Subset 10



Proses pengujian dilakukan dengan mengganti data latih dan data uji sesuai dengan *fold* yang akan digunakan. Setiap *fold* memiliki data latih yang kemudian akan menghasilkan nilai peramalan untuk data uji yang kemudian dilakukan perhitungan nilai *MAPE* dari hasil tersebut. Detail hasil dari pengujian pada setiap fold dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.15 Nilai *MSE* dan *MAPE* Setiap *Fold*

<i>FOLD</i>	<i>MAPE</i>	<i>MAPE</i> RATA-RATA	Signifikansi
<i>Fold 1</i>	11,15%	13,08%	Kemampuan Peramalan Baik
<i>Fold 2</i>	14,50%		
<i>Fold 3</i>	17,09%		
<i>Fold 4</i>	22,42%		
<i>Fold 5</i>	16,07%		
<i>Fold 6</i>	0,69%		
<i>Fold 7</i>	13,91%		
<i>Fold 8</i>	11,17%		
<i>Fold 9</i>	8,12%		
<i>Fold 10</i>	15,66%		

Tabel 4.14 menunjukkan nilai *MAPE* rata-rata pengujian adalah 13,08%, dimana nilai ini masuk pada signifikansi kemampuan peramalan baik. Akurasi yang diperoleh dari pengujian ini adalah sebesar 86,92%. Pengujian dengan nilai *MAPE* terendah berada pada *fold* 6, dan pengujian dengan *MAPE* tertinggi berada pada *fold* 4.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series* dapat dilakukan, yang menghasilkan nilai *MSE* terhadap data latih sebesar 104.210.049 Penumpang dan nilai *MSE* terhadap data uji sebesar 24.197.698 Penumpang, serta menghasilkan *MAPE* terhadap data latih sebesar 1,08% dan nilai *MAPE* terhadap data uji sebesar 2,26%.
2. Akurasi prediksi jumlah penumpang pesawat di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *fuzzy time series* diperoleh dengan skenario pengujian *10-fold cross validation*, yang menghasilkan nilai *MSE* rata-rata sebesar 152.345.064 Penumpang dan *MAPE* rata-rata sebesar 13,08%.

#### 5.2 Saran

Penelitian terkait *fuzzy time series* dapat dilakukan dengan menggunakan *fuzzy time series chen* atau dapat dilakukan dengan penambahan orde untuk penelitian yang lebih bervariasi. Penelitian *fuzzy time series* juga dapat dilakukan untuk membuat suatu sistem informasi yang bisa digunakan berkelanjutan, sehingga data tinggal dimasukkan dan hasil prediksi akan diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrori M. and Primahayu A.H. 2015. Aplikasi Logika *Fuzzy* Metode Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi. *Kaunia* Vol. XI No. 2.
- Anonim, 2017. *Statistik Transportasi Udara 2017*. BPS RI: Jakarta.
- Anwary, A. (2011). *Prediksi Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika Menggunakan Metode Fuzzy Time Series*. [Skripsi]. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Chang, P.-C., Wang, Y.-W., & Liu, C.-H. (2007). The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting.
- Cheng, C.H, Chen, T.L, Teoh, H.J, dan Chiang, C.H. 2008. *Fuzzy Time Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX forecasting*. Expert System Application Vol. 34. Hal. 1126-1132.
- Dernoncourt, F. 2013. *Introduction to Fuzzy Logic*. Massachusetts: MIT.
- Desmonda, D., Tursina, & Irwansyah, M. A. (2018). Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series*. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, 6(4), 141.
- Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2017). Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*. *I(2)*, 85–94.
- Hansun, S. (2012). Peramalan Data IHSG Menggunakan *Fuzzy Time Series*. *6(2)*, 79–88.
- Haris, M. S. 2010. *Implementasi Metode Fuzzy Time series Dengan Penentuan Interval Berbasis Rata-rata untuk Peramalan Data Penjualan Bulanan*.
- Herdianto. (2013). *Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Khaerunnisa, 2017. *Pengaruh Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin terhadap Pengembangan Spasial Disekitarnya*. [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alaudin: Makassar.
- Kholifah, N. 2018. *Aplikasi Fuzzy Mamdani untuk menganalisis kepuasan mahasiswa terhadap layanan akademik UIN Raden Intan Lampung*. [skripsi]. Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan: Universitas Islam Negeri Raden Intan. Lampung.

- Kohavi, R. (1995). *A Study of Cross-Validation and Bootstrap for Accuracy Estimation and Model Selection*. 5.
- Kusumadewi, S. dan Hari, P. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Makridakis, S., Steven C. W. dan Victor E. M. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 2*. Jakarta : Binarupa Aksara.
- Munir, R. 2012. *Matematika Diskrit*. Bandung: INFORMATIKA.
- Naba, A. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Nugroho, K. (2016). Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Infokam*, 1, 46–50.
- Nurrasjid, M. . (2013). *Kinerja Pelayanan Angkasa Pura Logistik di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin-Makassar*. Warta Ardhia, Volume 39, Hal.56.
- Pambudi, R. A., Setiawan, B. D. dan Wijoyo, S. H. (2018). Implementasi Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api. 2(11), 4767–4776.
- Ririanti. (2014). Implementasi Algoritma Fp-Growth Pada Aplikasi Prediksi Persediaan Sepeda Motor ( Studi Kasus Pt . Pilar Deli Labumas ). *Pelita Informatika Budi Darma*, VI(1), 139–144.
- Sitorus, L. 2015. *Algoritma dan Pemrograman*. Yogyakarta: Andi.
- Suarga. 2012. *Algoritma dan Pemrograman*. Yogyakarta: Andi.
- Sugiyono, 2013, *Metodelogi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Wibowo, A. 2017. 10-Fold Cross Validation. In <https://mti.binus.ac.id>, 09 November 2019.
- Wijaya, A. B., Dewi, C. dan Rahayudi, B. (2018). Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode High Order Fuzzy Time Series Multi Factors. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(3), 930–939.
- Yulianawati, S. (2018). *Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Feedforward Neural Network Pada Peramalan Hutang BUMN ke Luar Negeri*. Yogyakarta: Statistika, Program Studi Matematika, Fakultas Matematika da Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
- Yulmaini. (2015). Penggunaan Metode *Fuzzy Inference System* (Fis) Mamdani

Dalam Pemilihan Peminatan Mahasiswa Untuk Tugas Akhir. *Jurnal Informatika Darmajaya*, 15(1), 10–23. <https://doi.org/10.30873/ji.v15i1.533>

## **LAMPIRAN**

### LAMPIRAN 1 Fuzzifikasi Data Latih Tahun 2009 Sampai Dengan 2014

Tahun	Bulan	Penumpang	Himpunan Fuzzy	Tahun	Bulan	Penumpang	Himpunan Fuzzy
2009	JAN	140407	A6	2012	JAN	258855	A15
	FEB	127764	A4		FEB	231457	A13
	MAR	147110	A7		MAR	248891	A15
	APR	135680	A5		APR	248037	A14
	MEI	151062	A8		MEI	249393	A15
	JAN	150541	A8		JAN	268880	A16
	JAL	163200	A8		JAL	266740	A16
	AGT	157696	A8		AGT	258670	A15
	SEP	148946	A7		SEP	262702	A16
	OKT	178119	A10		OKT	251176	A15
	NOV	160807	A8		NOV	231024	A13
	DES	115750	A3		DES	189955	A10
2010	JAN	174885	A9	2013	JAN	280711	A17
	FEB	160367	A8		FEB	242026	A14
	MAR	188925	A10		MAR	291695	A18
	APR	182210	A10		APR	269935	A16
	MEI	187673	A10		MEI	294782	A18
	JAN	185722	A10		JAN	312316	A18
	JAL	220400	A13		JAL	286661	A17
	AGT	177523	A9		AGT	318352	A18
	SEP	207221	A12		SEP	285830	A17
	OKT	211576	A12		OKT	306944	A18
	NOV	202386	A11		NOV	295746	A18
	DES	213618	A12		DES	285474	A17
2011	JAN	221048	A13	2014	JAN	287815	A17
	FEB	191047	A10		FEB	235540	A14
	MAR	210888	A12		MAR	255067	A15
	APR	203694	A11		APR	236644	A14
	MEI	212927	A12		MEI	262107	A15
	JAN	224308	A13		JAN	273007	A16
	JAL	236545	A14		JAL	219635	A12
	AGT	317082	A18		AGT	306915	A18
	SEP	250400	A15		SEP	245300	A14
	OKT	233290	A13		OKT	284951	A17
	NOV	236419	A14		NOV	272188	A16
	DES	238932	A14		DES	268411	A16

## LAMPIRAN 2 Pendefinisian Himpunan *Fuzzy*

$$\begin{aligned}A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_8 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0,5/u_7 + 1/u_8 + 0,5/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_9 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0,5/u_8 + 1/u_9 + 0,5/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{10} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0,5/u_9 + 1/u_{10} + 0,5/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{11} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0,5/u_{10} + 0/u_{11} + 0,5/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{12} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0,5/u_{11} + 1/u_{12} + 0,5/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{13} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0,5/u_{12} + 1/u_{13} + 0,5/u_{14} + 0/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{14} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0,5/u_{13} + 1/u_{14} + 0,5/u_{15} + 0/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{15} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0,5/u_{14} + 1/u_{15} + 0,5/u_{16} + 0/u_{17} + 0/u_{18} \\A_{16} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0,5/u_{15} + 1/u_{16} + 0/u_{17} + 0,5/u_{18} \\A_{17} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 0,5/u_{16} + 1/u_{17} + 0,5/u_{18} \\A_{18} &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12} + 0/u_{13} + 0/u_{14} + 0/u_{15} + 10/u_{16} + 0,5/u_{17} + 1/u_{18}\end{aligned}$$

### LAMPIRAN 3 Relasi Logika *Fuzzy* Data Penumpang Pesawat

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>
A2	A1
A1	A1
A1	A2
A2	A2
A2	A3
A3	A7
A7	A5
A5	A4
A4	A2
A2	A5
A5	A4
A4	A3
A3	A1
A1	A2
A2	A2
A2	A4
A4	A4
A4	A7
A7	A7
A7	A7
A7	A9
A9	A8
A8	A10
A10	A6
A6	A3
A3	A4
A4	A3
A3	A6
A6	A4
A4	A6
A6	A6
A6	A1
A1	A7
A7	A6
A6	A6
A6	A6

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>
A6	A4
A4	A7
A7	A5
A5	A8
A8	A8
A8	A8
A8	A8
A8	A7
A7	A10
A10	A8
A8	A3
A3	A9
A9	A8
A8	A10
A10	A10
A10	A10
A10	A10
A10	A13
A13	A9
A9	A12
A12	A12
A12	A11
A11	A12
A12	A13
A13	A10
A10	A12
A12	A11
A11	A12
A12	A13
A13	A14
A14	A18
A18	A15
A15	A13
A13	A14
A14	A14
A14	A15

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>
A15	A13
A13	A15
A15	A14
A14	A15
A15	A16
A16	A16
A16	A15
A15	A16
A16	A15
A15	A13
A13	A10
A10	A17
A17	A14
A14	A18
A18	A16
A16	A18
A18	A18
A18	A17
A17	A18
A18	A17
A17	A18
A18	A18
A18	A17
A17	A17
A17	A14
A14	A15
A15	A14
A14	A15
A15	A16
A16	A12
A12	A18
A18	A14
A14	A17
A17	A16
A16	A16