

**PREDIKSI JUMLAH PENDUDUK MENGGUNAKAN  
METODE *FUZZY TIME SERIES***

**SKRIPSI**

Jurusan Informatika  
Program Studi Sarjana Informatika

Oleh:

**MUHAMMAD MAULANA**  
NIM D1041151068



FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
PONTIANAK

2022

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Maulana

NIM : D1041151068

menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “Prediksi Jumlah penduduk Menggunakan metode *Fuzzy Time Series*” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 4 juni 2022

Muhammad Maulana  
NIM D1041151068

## HALAMAN PENGESAHAN

### PREDIKSI JUMLAH PENDUDUK MENGGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES*

Jurusan Informatika

Program Studi Sarjana Informatika

Oleh:

Muhammad Maulana

NIM. D1041151068

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 26 Juli 2022 dalam sidang secara daring (*online*) dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi:

Dosen Pembimbing Utama	: Tursina, S.T., M.Cs.	(NIP. 197801152002122003)
Dosen Pembimbing Kedua	: Rina Septiriana, S.T., M.Cs.	(NIP. 198709232020122001)
Dosen Penguji Utama	: Dr. Yus Sholva, S.T., M.T.	(NIP. 197410192003121002)
Dosen Penguji Kedua	: Hafiz Muhardi, S.T.,M.Kom.	(NIDN. 0023079006)

Pontianak, 26 Juli 2022

Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik

Dr.rer.nat. Ir. R. M. Rustamaji, M.T., IPU.  
NIP. 196801161994031003

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM.  
NIP. 196712231992031002

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Pertama saya terima kasih kepada Allah SWT, terima kasih pada kedua orang tua saya yang tidak pernah berhenti berdoa didalam setiap sujud nya untuk kesuksesan saya, mudahan ini langkah awal untuk proses membahagiakan kedua orang tua, dan keluarga yang selalu mendukung dan membantu didalam proses perkuliahan

Teman-teman seperjuangan Angkatan 2015 Informatika yang selalu menjadi tempat untuk saling berbagi ilmu dan mendukung serta membantu ku didalam perkuliahan dan skripsi ini, Haya putri abpriani orang spesial yang selalu ada dikeadaan suka atau pun duka tak lupa pula ricky mubarak yang menjadi mentor didalam mengerjakan skripsi.

Dosen Teknik informatika yang selama ini membantu, mengajar dan membimbing saya diperkuliahan dan sampai saat ini membantu untuk menyelesaikan skripsi saya

Terima kasih untuk diri ku sendiri yang bisa berdiri sampai posisi sekarang

“The future depends on what you do today”

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas kasih dan berkat-Nya penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series*” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Selama masa pengajuan, persiapan, penyusunan, hingga pelaksanaan sidang skripsi, penulis banyak mendapat bantuan berupa saran, kritik, bimbingan, dukungan dan doa dari berbagai pihak, maka dari itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Tursina, S.T., M.Cs. dan Ibu Rina Septirana S.T., M.Cs. selaku dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan serta ide-ide yang membangun dalam melakukan perancangan dan penyusunan skripsi ini. Tidak lupa juga saya ucapkan termakasih sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Yus Sholva, S.T., M.T. dan Bapak Hafiz Muhandi, S.T., M.Kom. selaku dosen Penguji Utama dan Penguji Pendamping yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini.

Penulis ini terdapat banyak kekurangan didalam tulisan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk kritik, saran serta masukan yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat banyak memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Pontianak, 4 juni 2022

Muhammad Maulana  
NIM D1041151068

## ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di suatu daerah merupakan keseimbangan yang dinamis antara kekuatan-kekuatan yang menambah dan kekuatan-kekuatan yang mengurangi jumlah penduduk. Secara terus menerus jumlah penduduk akan di pengaruhi oleh jumlah bayi yang lahir (fertilitas), tetapi secara bersamaan pula akan di kurangi oleh jumlah kematian (mortalitas) yang terjadi pada semua golongan umur, serta perpindahan penduduk (mobilitas) juga akan mempengaruhi bertambah atau berkurangnya jumlah penduduk di suatu daerah atau negara. Berkurang atau bertambahnya penduduk pada suatu daerah memiliki peranan yang sangat penting pada daerah itu sendiri. Seperti yang kita tahu bahwa hampir semua rencana pembangunan perlu ditunjang dengan data jumlah penduduk, persebaran dan susunannya agar relevan dengan rencana tersebut. Tidak hanya pada rencana pembangunan saja yang membutuhkan data jumlah penduduk. Tetapi juga pada segi perekonomian, pendidikan, kesehatan dan sebagainya. Hal itu tentu saja merupakan masalah yang rumit bagi pemerintah kota pontianak dalam usahanya untuk membangun dan meningkatkan taraf hidup di kotanya. Untuk mengetahui jumlah penduduk kota Pontianak, maka dilakukanlah hitungan matematis dari data historis jumlah penduduk agar dapat menghasilkan sebuah hasil 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. Metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk adalah metode *Fuzzy time Series*. Hasil dari prediksi jumlah penduduk 2021 adalah 672.943 dengan selisih data 216 dengan persentase 0,03%, prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series* dipengaruhi dari jumlah data dan jumlah interval untuk membagi datanya.

Kata kunci : Jumlah penduduk, *Fuzzy Time Series*, data historis, prediksi, MAPE

## ABSTRACT

Population growth in an area is a dynamic balance between the forces that add up and the forces that reduce the population. Continuously the number of people will be influenced by the number of babies born (fertility), but simultaneously it will also be reduced by the number of deaths (mortality) that occur in all age groups, and population movement (mobility) will also affect the increase or decrease in the number of people in an area or country. The reduction or increase in population in an area has a very important role in the area itself. As we know that almost all development plans need to be supported by data on the number of inhabitants, their distribution and arrangement to be relevant to the plan. Not only in the development plan, which requires population data. But also in terms of the economy, education, health and so on. This is of course a complicated problem for the Pontianak city government in its efforts to build and improve the standard of living in its city. To find out the number of residents of Pontianak city, a mathematical calculation is carried out from historical data on the number of residents in order to produce a predictive result. Prediction is a process of systematically estimating something that is most likely to happen in the future based on past and present information that is owned, so that the error (the difference between something that happened and the result of the forecast) can be minimized. The method used to predict population numbers is the Fuzzy time Series method. The result of the prediction of the number of inhabitants in 2021 is 672,943 with a data difference of 216 with a percentage of 0.03%, predictions using the Fuzzy Time Series are influenced by the amount of data and the number of intervals to divide the data.

Keywords : Population, Fuzzy Time Series, historical data, predictions, MAPE

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR KODE PROGRAM.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan Masalah .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Kajian Terkait .....	4
2.2 Landasan Teori .....	8
2.2.1 Teori Peramalan .....	8
2.2.1.1 Jenis-Jenis Peramalan .....	9
2.2.1.2 Jangka Waktu Peramalan .....	10
2.2.1.3 Jenis-Jenis Pola Data.....	10
2.2.1.4 Data berkala (time series) .....	13
2.2.2 Logika <i>Fuzzy</i> .....	14
2.2.2.1 Himpunan Fuzzy.....	16
2.2.2.2 Fungsi Derajat Keanggotaan Fuzzy.....	17
2.2.2.3 Operator Fuzzy.....	21
2.2.2.4 Penegasan (DeFuzzy) .....	22
2.2.3 Peramalan Dengan Metode <i>Fuzzy Time Series</i> (FTS).....	22
2.2.3.1 Defenisi Fuzzy Time Series oleh Chen .....	22
2.3 Python .....	23
2.4 Pengujian Hasil Prediksi .....	24
2.4.1 Metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE) .....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN PERANCANGAN.....	26
3.1 Alat dan Data Penelitian.....	26
3.1.1 Alat Bantu Penelitian .....	26
3.1.1.1 Perangkat Lunak .....	26
3.1.1.2 Perangkat Keras .....	26
3.1.2 Data Penelitian .....	26
3.2 Metodologi Penelitian.....	26
3.2.1 Studi Literatur .....	27
3.2.2 Pengumpulan Data .....	28
3.2.3 Menentukan Perhitungan Prediksi .....	28
3.2.3.1 Langkah-Langkah Perhitungan.....	28
3.2.3.1.1.Universe of Discourse.....	29
3.2.3.1.2. Perhitungan Interval Berbasis Rata-Rata .....	30
3.2.3.1.3. Fuzzifikasi.....	32
3.2.3.1.4 Fuzzy Logic Relationship (FLR) .....	35
3.1.3.1.5. <i>Fuzzy Logic Relatonship Group</i> (FLRG).....	36
3.1.3.1.5. Defuzzifikasi .....	38
3.2.4 Instalasi Alat Bantu .....	40
3.2.4.1 Instalasi Pyton dan Pycharm .....	40
3.2.4.2 Intalasi Package.....	40
3.3 Pengujian dan Analisis Pembahasan .....	41
3.4 Penarikan Kesimpulan .....	42
BAB IV HASIL DAN ANALISIS .....	43
4.1 Hasil Penelitian .....	43
4.1.1 Hasil Pengumpulan Data.....	43
4.1.2 Implementasi Fuzzy Time Series Menggunakan PyFTS .....	44
4.1.3 Proses Pengolahan data .....	44
4.1.2.1 Memasukkan Data .....	44
4.1.3 Perhitungan Fuzzy Time Series .....	45
4.1.3.1 Proses Pembentukan Fuzzy Set .....	45
4.1.3.2 Proses Fuzzifikasi.....	46
4.1.3.3 Proses Fuzzy Logic Relationship (FLR) .....	47
4.1.3.4 Proses Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) .....	47
4.1.3.5 Proses Defuzzikasi .....	48
4.2 Hasil Pengujian .....	49

4.2 Hasil uji.....	50
4.2.1 Hasil Uji Himpunan Semesta.....	50
4.2.2 Hasil Uji Data Tahunan .....	52
4.3 Analisis Hasil Penelitian .....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	62

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Penelitian.....	6
<b>Tabel 2.2</b> Penelitian yang Akan Dilakukan.....	8
<b>Tabel 3.1</b> Data Jumlah Penduduk.....	29
<b>Tabel 3.2</b> Basis Interval.....	30
<b>Tabel 3.3</b> Hasil fuzzifikasi data Historis.....	33
<b>Tabel 3.4</b> <i>Fuzzy Logic Relationship</i> .....	34
<b>Tabel 3.5</b> <i>Fuzzy Logic Relationship (FLR)</i> .....	35
<b>Tabel 3.6</b> <i>Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)</i> .....	35
<b>Tabel 3.7</b> Hasil defuzzifikasi FLRG.....	37
<b>Tabel 3.8</b> Hasil perhitungan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	38
<b>Tabel 4.1</b> Data Historis Jumlah Penduduk.....	41
<b>Tabel 4.2</b> nilai Mean Average Percentage Error.....	48

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Pola Data Horizontal.....	11
<b>Gambar 1.2</b> Pola Data Trend.....	12
<b>Gambar 2.2</b> Pola Data Musiman.....	12
<b>Gambar 2.3</b> Pola Data Siklis.....	13
<b>Gambar 2.5</b> Kurva Fungsi Linear Turun.....	17
<b>Gambar 2.6</b> Kurva Fungsi Linear Naik.....	18
<b>Gambar 2.7</b> Kurva Segitiga.....	19
<b>Gambar 2.8</b> Kurva Trapesium.....	19
<b>Gambar 2.9</b> Kurva Fungsi-S Pertumbuhan.....	20
<b>Gambar 2.10</b> Kurva Fungsi-S Penyusutan.....	21
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	27
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Proses <i>Fuzzy Time Series</i> .....	28
<b>Gambar 3.3</b> Grafik <i>Fuzzy Set</i> .....	32
<b>Gambar 4.1</b> Tampilan Google Colab.....	42
<b>Gambar 4.2</b> Grafik data historis.....	43
<b>Gambar 4.3.</b> Fuzzy Set.....	44
<b>Gambar 4.4</b> Fuzzifikasi.....	45
<b>Gambar 4.5</b> Hasil FLR.....	46
<b>Gambar 4.6</b> <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> .....	46
<b>Gambar 4.7</b> FLRG.....	47
<b>Gambar 4.8</b> Defuzzifikasi.....	48

## DAFTAR KODE PROGRAM

<b>Kode Program 4.1</b> Menampilkan grafik data historis.....	43
<b>Kode Program 4.2</b> Menampilkan grafik <i>fuzzy set</i> .....	44
<b>Kode Program 4.3</b> Menampilkan fuzzifikasi.....	45
<b>Kode Program 4.4</b> Pembentukan FLR.....	45
<b>Kode Program 4.5</b> Pembentukan FLRG.....	46
<b>Kode Program 4.6</b> Menampilkan hasil FLRG.....	46
<b>Kode Program 4.7</b> Menampilkan grafik defuzzifikasi.....	47



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk di suatu daerah merupakan keseimbangan yang dinamis antara kekuatan-kekuatan yang menambah dan kekuatan-kekuatan yang mengurangi jumlah penduduk. Secara terus menerus jumlah penduduk akan di pengaruhi oleh jumlah bayi yang lahir (fertilitas), tetapi secara bersamaan pula akan di kurangi oleh jumlah kematian (mortalitas) yang terjadi pada semua golongan umur, serta perpindahan penduduk (mobilitas) juga akan mempengaruhi bertambah atau berkurangnya jumlah penduduk di suatu daerah atau negara. Pertumbuhan penduduk justru mendorong diterapkannya suatu inovasi teknologi baru (Mulyadi, 2003).

Peramalan atau forecasting yaitu suatu hal yang di anggap penting dalam era modern saat ini, khususnya dalam mengambil dalam sebuah keputusan aktivitas memprediksi atau memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan waktu yang relatif lama. Pengertian lain dari peramaan (forecasting) adalah suatu teknik analisa perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan kualitatif ataupun kuantitatif untuk melakukan perkiraan peristiwa pada masa depan dengan penggunaan referensi data-data pada masa lalu (Arman hakim nasution, 2006). Peramalan sendiri dapat menjadi dasar untuk suatu rencana jangka pendek menengah ataupun jangka panjang sebuah perusahaan. Dalam suatu peramalan (forecasting) diperlukan seminim mungkin kesalahan (error) didalamnya. Supaya bisa meminimalisir tingkat kesalahan tersebut maka akan lebih baik apabila peramalan itu dilaksanakan dalam satuan angka atau kuantitatif. Berkembangnya Teknik peramalan yang lebih canggih dan seiring dengan kemajuan perangkat lunak computer, membuat teknik peramalan juga semakin banyak dan berkembang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Berkurang atau bertambahnya penduduk pada suatu daerah memiliki peranan yang sangat penting pada daerah itu sendiri. Seperti yang kita tahu bahwa hampir semua rencana pembangunan perlu ditunjang dengan data jumlah penduduk, persebaran dan susunannya agar relevan dengan rencana tersebut. Tidak hanya pada rencana pembangunan saja yang membutuhkan data jumlah penduduk. Tetapi juga pada segi perekonomian, pendidikan, kesehatan dan sebagainya. Hal itu

tentu saja merupakan masalah yang rumit bagi pemerintah kota Pontianak dalam usahanya untuk membangun dan meningkatkan taraf hidup di kotanya. Semakin bertambah jumlah penduduk dalam suatu daerah semakin tinggi pula investasi yang dibutuhkan suatu daerah tersebut.

Prediksi jumlah penduduk yang akan dijadikan penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Logika *Fuzzy* digunakan karena dapat menentukan suatu input ke dalam suatu output dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tersedia. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Teori himpunan *fuzzy* merupakan kerangka matematis untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi dan kebenaran parsial (Kusumadewi, 2002).

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka penelitian ini akan dilakukan prediksi dengan metode *fuzzy time series* untuk diterapkan dalam meramalkan jumlah penduduk. Adapun hal yang diangkat dalam penelitian kali ini dengan judul "*Prediksi Jumlah Penduduk menggunakan fuzzy time series (Studi Kasus : Kota Pontianak)*".

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan, rumusan masalah pada permasalahan ini adalah bagaimana cara mengimplementasikan metode *fuzzy time series* serta memprediksikan hasil dari jumlah penduduk yang dapat menentukan pola data hasil dari jumlah penduduk serta menampilkan hasil dari prediksi jumlah penduduk berdasarkan historis.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengimplementasikan metode *fuzzy time series* untuk dapat mengolah data dan menentukan pola jumlah penduduk serta memprediksi hasil jumlah penduduk berdasarkan historis.

## **1.4 Pembatasan Masalah**

Pembatasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Penelitian ini difokuskan pada implementasi metode *fuzzy time series* dalam melakukan prediksi jumlah penduduk.

2. Data yang digunakan adalah data historis hasil jumlah penduduk dari tahun 1990 hingga 2021 pada Kota Pontianak yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Pontianak.
3. Tahun, bulan, dan jumlah penduduk yang berdomisili kota pontianak merupakan data yang digunakan untuk penelitian ini.
4. Penelitian ini hanya berfokus pada data jumlah penduduk kota Pontianak.

## **15 Sistematika Penulisan**

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini disusun dalam lima bab yang terdiri dari Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Metodologi Penelitian dan Perancangan Sistem, Bab IV Hasil Perancangan dan Analisis Sistem, serta Bab V Penutup.

Bab I Pendahuluan adalah bab yang berisi latar belakang, perumusan, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka adalah bab yang berisi landasan teori berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu uraian tentang hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain.

Bab III Metodologi Penelitian dan Perancangan adalah bab yang berisi tentang bahan penelitian, alat yang dipergunakan, metode penelitian, variabel atau data.

Bab IV Hasil dan Analisis adalah bab yang berisi penjelasan mengenai pembahasan dan hasil dari penerapan metode *Fuzzy Time Series* terhadap prediksi jumlah penduduk periode mendatang.

Bab V Kesimpulan dan Saran adalah bab yang berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran/rekomendasi untuk perbaikan, pengembangan atau kesempurnaan/kelengkapan penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Terkait**

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya terkait *Forecasting* khususnya dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* dari berbagai objek yang berbeda, beberapa penelitian diantaranya sebagai berikut :

Pada penelitian Putra (2017) menggunakan Algoritma Fuzzy Time Series Chen untuk uji coba peramalan dengan menggunakan parameter umum yaitu menentukan jumlah dan lebar interval secara otomatis menggunakan aturan Sturges untuk menentukan jumlah interval dan menentukan lebar interval, dari persamaan tersebut menghasilkan 6 jumlah interval dan lebar interval adalah 871,5. Dilakukan pengujian dengan menghitung error rata-rata menggunakan AFER sehingga hasil error yang dihasilkan adalah 0.0025%. Dalam penelitian ini menggunakan Algoritma Fuzzy Time Series Chen Uji coba peramalan dengan menggunakan parameter umum yaitu menentukan jumlah dan lebar interval secara otomatis menggunakan aturan Sturges untuk menentukan jumlah interval dan menentukan lebar interval, dari persamaan tersebut menghasilkan 6 jumlah interval dan lebar interval adalah 871,5. Dilakukan pengujian dengan menghitung error rata-rata menggunakan AFER sehingga hasil error yang dihasilkan adalah 0.0025%. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data jumlah penduduk perbulan, dari tahun 2014 sampai dengan 2016. untuk melihat tingkat akurasi penelitian Algoritma Fuzzy Time Series Model Chen dalam memprediksi jumlah penduduk berdasarkan nilai error dari AFER.

Pada penelitian Pernama, Martelani, Alena (2017) ini bertujuan untuk memprediksi jumlah penduduk kota Tanjungpinang menggunakan metode exponential smoothing. Penelitian ini menggunakan data penduduk tahun 2014-2016 dengan variabel penelitian yaitu bulan, tahun dan jumlah penduduk. Sebelum melakukan prediksi terlebih dahulu dengan memasukkan nilai alpha secara acak untuk menghasilkan nilai bobot terakhir dengan nilai MSE terkecil. Hasil prediksi dengan nilai alpha 0,1 menghasilkan nilai MSE 0,3154 dan alpha 0,2 dengan nilai MSE 0,7034 sehingga dapat disimpulkan dengan bahwa dengan metode single

exponential smoothing sudah cukup handal dalam memprediksi jumlah penduduk kota tanjungpinang.

Pada penelitian Diera (2018) ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana menentukan pola data curah hujan serta memproyeksikan pola data tersebut untuk memprediksi besaran curah hujan menggunakan *Fuzzy time serie*. Kota pontianak sebagai studi kasus merupakan kota khatulistiwa yang di lewati garis ekuator dan termasuk kedalam iklim tropis yang di miliki dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau yang seharusnya berputar setiap enam bulan sekali. Aplikasi besaran curah hujan yang akan di bangun menggunakan *Forecasting* atau peramalan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Adapun hasil dari penilitian ini yang di lakukan adalah mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series* untuk membangun aplikasi yang dapat mengolah dan menentukan pola data curah hujan serta memprediksi besaran curah hujan. Nilai *MAPE (Mean Average Percetage Error)* terbaik yang di peroleh adalah 0.151% pada penggunaan data curah hujan periode 2015-2017 dengan jumlah interval 401. Perhitungan *Fuzzy Time Series* sangat di pengaruhi oleh jumlah data yang di gunakan dan jumlah interval dalam membagi data tersebut.

Pada penelitian Barak (2020) ini bertujuan untuk memprediksi hasil tangkapan ikan merupakan suatu cara dalam memperkirakan hasil tangkapan nelayan yang selama ini ditangani oleh Dinas Perikanan Kota Pontianak dengan menggunakan data historis yang tercatat di Dinas tersebut. Data historis tersebut dapat digunakan sebagai faktor memprediksi yang bermanfaat untuk mengambil kebijakan bagi nelayan dan Dinas Perikanan kedepannya. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 60 data dari Januari 2014 hingga Desember 2018. Metode yang digunakan dalam prediksi yaitu dengan *Fuzzy Time Series* dibagi menjadi 6 (enam) tahap, yaitu *Universe of Discourse* atau himpunan semesta, pembentukan interval berbasis rata-rata, Fuzzifikasi, *Fuzzy Logic Relationship (FLR)*, *Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)*, dan Defuzzifikasi. Rata-rata selisih antar data historis yang digunakan pada penelitian ini sebesar 645 dari tiga kali pengujian menggunakan data 3 tahun, 4 tahun, dan 5 tahun, dimana pada pengujian menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dengan 36 data historis selama 3 tahun didapat hasil pada penambahan nilai *Universe of Discourse*

sebesar 10% dengan MAPE 13,56% sehingga diperoleh akurasi atau ketepatan sebesar 86,44%. Selain itu dilakukan juga pengujian dengan membandingkan antara data aktual dan hasil prediksi mulai bulan Januari 2018 hingga Desember 2018 didapat hasil prediksi terbaik pada bulan Februari dan September.

Pada penelitian yang akan dilakukan ini berfokuskan pada peramalan hasil dari jumlah penduduk dengan menggunakan data historis yang didapat dari Badan Pusat Statistik Kota Pontianak periode 1990 hingga 2021. Pengujian pada penelitian ini akan menggunakan perhitungan *Mean Average Percentage Error* (MAPE) yang menghitung seberapa besar rata-rata kesalahan dalam meramalkan yang dibandingkan pada beberapa prediksi di periode tertentu. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengimplementasikan prediksi dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* pada hasil jumlah penduduk.

**Tabel 2.1** Perbandingan Penelitian

No	Judul	Penulis	Keterangan
1.	Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan <i>Fuzzy Time Series Model Chen</i> (Studi Kasus : Kota Tanjung Pinang)	Novi Ade Putra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan penelitian terkait memprediksi jumlah penduduk kota tanjungpinang</li> <li>- Metode yang di gunakan <i>Fuzzy Time Series</i> model <i>chen</i></li> <li>- Pengujian yang digunakan adalah AFER</li> <li>- Di lakukan dengan pengujian terbaik yaitu 0.0025%</li> </ul>

No	Judul	Penulisan	Keterangan
2.	Prediksi jumlah penduduk kota Tanjungpinang	Dhio Pratikno, Permana, Bettiza, Uperiati	- Melakukan penelitian terkait memprediksi

	menggunakan metode <i>exponential smoothing</i>		jumlah penduduk kota Tanjungpinang - Metode yang digunakan <i>exponential smoothing</i> - Pengujian yang digunakan MSE - Dilakukan pengujian terbaik yaitu 0,7034
3.	Prediksi besaran curah hujan menggunakan metode <i>Fuzzy Time Series</i>	Diera Desmonda	- Melakukan penelitian terkait besaran curah hujan - Metode yang digunakan <i>Fuzzy Time Series</i> - Pengujian yang digunakan MAPE - Dilakukan pengujian terbaik 0,151%
4.	Prediksi tangkapan ikan menggunakan metode <i>Fuzzy Time Series</i>	Ricky Mubarak	- Melakukan penelitian tentang hasil tangkapan ikan - Metode yang digunakan Fuzzy Time Series - Pengujian yang digunakan adalah MAPE - Dilakukan pengujian terbaik yaitu 86,44%.

**Tabel 2.2** Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Judul	Penulis	Keterangan
1.	Prediksi jumlah penduduk menggunakan <i>Fuzzy Time Series</i> (Studi kasus: Kota Pontianak)	Muhammad Maulana	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan penelitian untuk memprediksi jumlah penduduk kota Pontianak menggunakan data Badan Pusat Statistik Kota Pontianak</li> <li>- Metode yang di gunakan <i>Fuzzy Time Series</i></li> <li>- Pengujian yang akan di lakukan dengan menggunakan MAPE</li> </ul>

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Teori Peramalan

Secara umum pengertian peramalan adalah tafsiran. Namun dengan menggunakan teknik-teknik tertentu maka peramalan bukan hanya sekedar tafsiran. Ada beberapa definisi tentang peramalan, diantaranya:

- a. Peramalan merupakan seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan (Heizer dan render , 2005).
- b. Menurut Supranto, Peramalan adalah dugaan atau perkiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di waktu yang akan datang. Ramalan bisa bersifat kualitatif, artinya tidak berbentuk angka dan bisa bersifat kuantitatif, artinya berbentuk angka, dinyatakan dalam bilangan. (Supranto, 2000).
- c. Peramalan adalah bagian integral dan kegiatan pengambilan keputusan manajemen. (Makridakis, 1988).
- d. Peramalan adalah suatu usaha untuk meramalkan keadaan di masa mendatang melalui pengujian keadaan di masa lalu. (Handoko, 1999).
- e. Peramalan adalah sebuah prediksi mengenai apa yang akan terjadi di masa depan. (Taylor, 2004).

Metode peramalan merupakan cara memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa depan secara sistematis dan pragmatis atas dasar data yang relevan pada masa yang lalu, sehingga dengan demikian metode peramalan diharapkan dapat memberikan objektivitas yang lebih besar. Selain itu metode peramalan dapat memberikan cara pengerjaan yang teratur dan terarah, dengan demikian dapat dimungkinkannya penggunaan teknik penganalisaan yang lebih maju. Dengan penggunaan teknik-teknik tersebut maka diharapkan dapat memberikan tingkat kepercayaan dan keyakinan yang lebih besar, karena dapat diuji penyimpangan atau deviasi yang terjadi secara ilmiah.

### **2.2.1.1 Jenis-Jenis Peramalan**

Berdasarkan sifatnya, peramalan dibedakan atas dua macam yaitu:

a. Peramalan Kualitatif

Peramalan kualitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil peramalan sangat bergantung pada orang yang menyusunnya, karena berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, pendapat dan pengetahuan serta pengalaman dari orang-orang yang menyusunnya. Metode kualitatif dapat dibagi menjadi dua, yaitu metode eksploratoris dan normatif.

b. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Peramalan yang baik adalah peramalan yang dilakukan dengan mengikuti prosedur peramalan penyusunan dengan baik. Semakin baik dalam menggunakan prosedur peramalan, maka penyimpangan antara hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi juga semakin kecil. Metode peramalan kuantitatif dapat dibagi dalam deret berkala (time series) dan metode kausal. Peramalan kuantitatif dapat digunakan bila memenuhi syarat berikut:

1. Adanya informasi tentang masa lalu.
2. Informasi tentang masa lalu dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data.
3. Informasi tentang masa lalu dapat diasumsikan bahwa beberapa

aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa yang akan datang dan disebut dengan kondisi yang konstan. Asumsi tersebut merupakan modal yang mendasari dari semua metode peramalan kuantitatif dan banyak metode peramalan teknologis terlepas dari bagaimana canggihnya metode yang digunakan.

### **2.2.1.2 Jangka Waktu Peramalan**

Berdasarkan Horizon waktu peramalan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu (Montgomery, 2008).

1. Peramalan jangka pendek adalah peramalan yang hanya mencakup kurang dari tiga bulan. Sebagai contoh peramalan jangka pendek adalah peramalan jumlah produksi atau penjualan suatu barang. Pada peramalan jangka pendek, data sebelumnya masih berhubungan untuk meramalkan di masa yang akan datang.
2. Perkiraan jangka menengah umumnya mencakup hitungan bulan hingga tiga tahun. Kegiatan peramalan dalam jangka menengah masih menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif karena data historis masa lalu dianggap masih cukup relevan untuk meramalkan masa datang. Contoh peramalan dalam jangka menengah adalah meramalkan anggaran penjualan atau produksi.
3. Peramalan jangka panjang adalah peramalan yang meliputi kurun waktu lebih dari tiga tahun. Peramalan jangka panjang digunakan untuk merencanakan produk baru, lokasi, serta penelitian dan pengembangan.

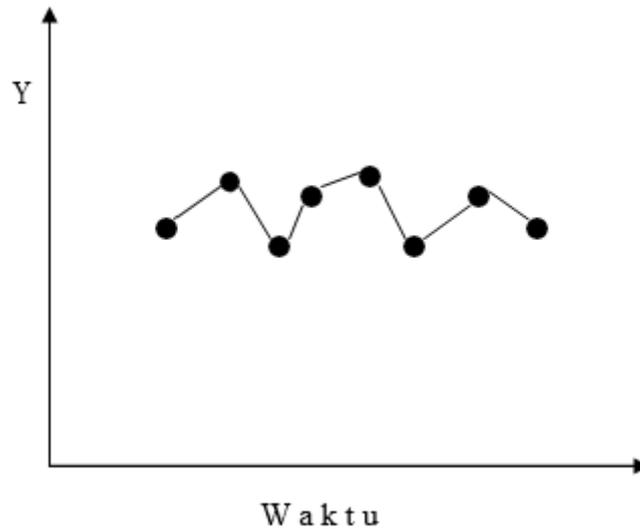
### **2.2.1.3 Jenis-Jenis Pola Data**

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret berkala (*time series*) yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji.

Menurut Taylor III (2005) terdapat beberapa pola atau kecenderungan. Pola-pola data yang ada adalah :

1. Pola Horizontal (H)

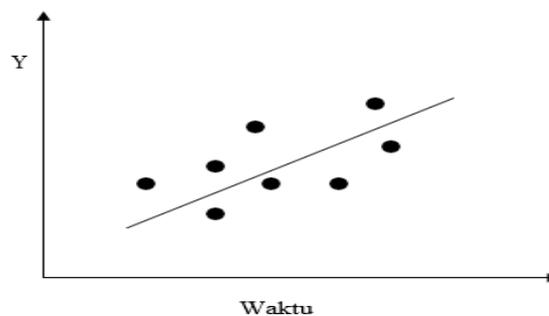
Terjadi apabila nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Deret seperti itu stasioner terhadap nilai rata-ratanya. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini seperti pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Pola Data Horizontal

## 2. Pola Trend (T)

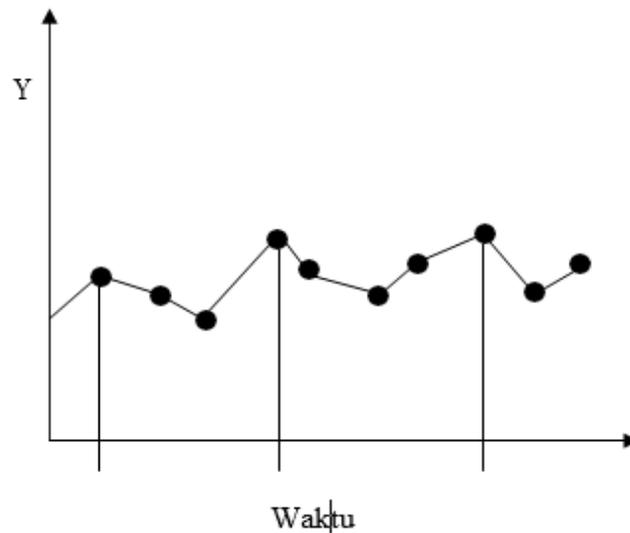
Terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Penjualan banyak perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya mengikuti suatu pola data trend selama perubahannya sepanjang waktu seperti pada gambar 2.2.



**Gambar 4.2** Pola Data Trend

### 3. Pola Musiman (S)

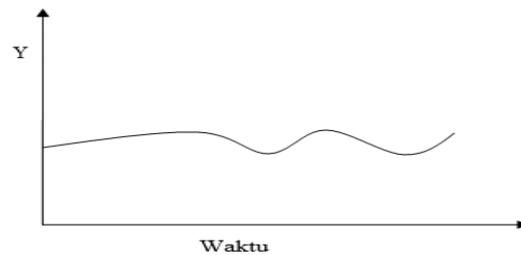
Terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan dari produk seperti minuman ringan, es krim, dan bahan bakar pemanas ruangan semuanya menunjukkan pola jenis ini seperti pada gambar 2.3



**Gambar 2.5** Pola Data Musiman

### 4. Pola Siklis (S)

Terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Penjualan banyak perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya mengikuti suatu pola data trend selama perubahannya sepanjang waktu seperti pada gambar 2.4.



**Gambar 2.6** Pola Data Siklis

#### 2.2.1.4 Data berkala (*time series*)

Data berkala adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu, untuk menggambarkan perkembangan suatu kegiatan. Analisis data berkala memungkinkan kita untuk mengetahui perkembangan suatu atau beberapa kejadian serta hubungan/pengaruhnya terhadap kejadian lainnya. Pola gerakan data atau nilai-nilai variabel dapat diikuti atau diketahui dengan adanya data berkala, sehingga data berkala dapat dijadikan sebagai dasar untuk:

1. Pembuatan keputusan pada saat ini.
2. Peramalan keadaan perdagangan dan ekonomi pada masa yang akan datang.
3. Perencanaan kegiatan di masa yang akan datang.

Gerakan-gerakan khas dari data *time series* dapat digolongkan ke dalam empat kelompok utama, yang sering disebut komponen-komponen *time series*:

1. Gerakan jangka panjang atau sekuler merujuk kepada arah umum dari grafik *time series* yang meliputi jangka waktu yang panjang.
2. Gerakan siklis (*cyclical movements*) atau variasi siklis merujuk kepada gerakan naik-turun dalam jangka panjang dari suatu garis atau kurva *trend*. Siklis yang demikian dapat terjadi secara periodik maupun tidak, yaitu dapat ataupun tidak dapat mengikuti pola yang tepat sama setelah interval-interval waktu yang sama. Dalam kegiatan bisnis dan ekonomi, gerakan-gerakan hanya dianggap siklis apabila timbul kembali setelah interval waktu lebih dari satu tahun.

3. Gerakan musiman (*seasonal movements*) atau variasi musim merujuk kepada pola-pola yang identik, atau hampir identik, yang cenderung diikuti suatu *time series* selama bulan-bulan yang bersangkutan dari tahun ke tahun. Gerakan-gerakan demikian disebabkan oleh peristiwa-peristiwa yang berulang-ulang terjadi setiap tahun.
4. Gerakan tidak teratur atau acak (*irregular or random movements*) merujuk kepada gerakan-gerakan sporadis dari *time series* yang disebabkan karena peristiwa-peristiwa kebetulan seperti banjir, pemogokan, pemilihan umum, dan sebagainya. Meskipun umumnya dianggap bahwa peristiwa-peristiwa demikian menyebabkan variasi-variasi yang hanya berlangsung untuk jangka pendek, namun dapat saja terjadi bahwa peristiwa-peristiwa ini demikian hebatnya sehingga menyebabkan gerakan-gerakan siklis atau hal lain yang baru.

### 2.2.2 Logika Fuzzy

Secara umum logika *fuzzy* adalah suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaannya antara 0 dan 1. Ada beberapa definisi tentang logika *fuzzy*, diantaranya:

- a. Logika *fuzzy* menyediakan suatu cara untuk merubah pernyataan linguistik menjadi suatu numerik (Synaptic, 2006).
- b. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*, mempunyai nilai kontinyu dan logika *fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran (Kusumadewi, 2002).
- c. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan” dan “sangat” (Zadeh, 1965).

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Dalam logika fuzzy terdapat beberapa proses yang ada seperti himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan, operasi dasar himpunan fuzzy dan penalaran dalam himpunan fuzzy. Seiring dengan perkembangan jaman,

logika fuzzy sangat diminati di berbagai bidang. Hal ini dikarenakan logika fuzzy dapat mewakili setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Selain itu alasan lain digunakannya logika fuzzy adalah (Kusumadewi Purnomo, 2010):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik endala secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Ada beberapa hal yang menjadi lingkup dari sistem *fuzzy*, yaitu (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

#### 1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

#### 2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh:

- Variabel jarak, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: DEKAT, SEDANG dan JAUH.

#### 3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat, tiga objek berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

- Semesta pembicaraan untuk variabel umur:  $[0 + \infty)$
- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur:  $[0 40]$

#### 4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh :

- MUDA =  $[0, 45]$
- PAROBAYA =  $[35, 55]$
- TUA =  $[45, + \infty)$

#### 2.2.2.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan-himpunan yang akan dibicarakan pada suatu variabel dalam sistem *fuzzy* (Kusumadewi, 2002). Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi nilai – nilai yang bersifat tidak pasti. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan dapat memiliki dua kemungkinan, yaitu satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau nol (0), yang berarti suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1, yang berarti himpunan *fuzzy* dapat mewakili intepretasi tiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan dan probabilitasnya.

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: DEKAT, SEDANG, JAUH.

2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50 dan sebagainya.

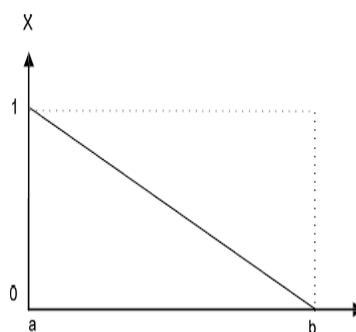
*Fuzzifikasi* merupakan suatu proses untuk mengubah suatu variabel *input* bentuk *crisp* menjadi variabel linguistik dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya masing-masing.

### 2.2.2.2 Fungsi Derajat Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi derajat keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1.

Syarat untuk mendapatkan derajat keanggotaan *fuzzy* digunakan pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, seperti fungsi linier turun, fungsi linier naik, fungsi segitiga, fungsi trapesium, fungsi-S, fungsi-Z.

Suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi linier turun jika mempunyai 2 parameter, yaitu  $a, b \in \mathbb{R}$ . Pada linier turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah dengan fungsi keanggotaan. Kurva fungsi linier turun diperlihatkan oleh Gambar 2.5 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

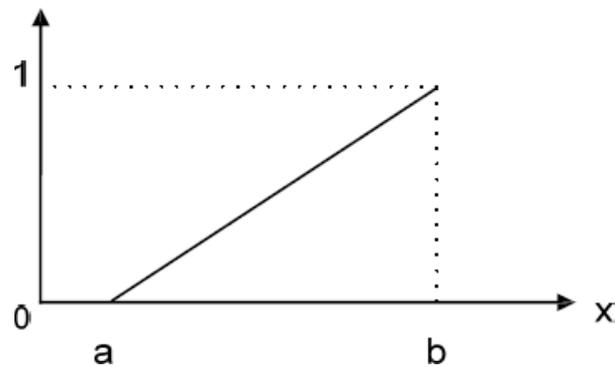


**Gambar 2.5** Kurva Fungsi Linear Turun

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

Fungsi Keanggotaan dirumuskan dengan persamaan 2.1:

Sedangkan suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi *linier* naik jika mempunyai 2 parameter, yaitu  $a, b \in \mathbb{R}$ , dan kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Kurva fungsi linier naik diperlihatkan oleh Gambar 2.6 (Kusumadewi dan Purnomo,(2004).

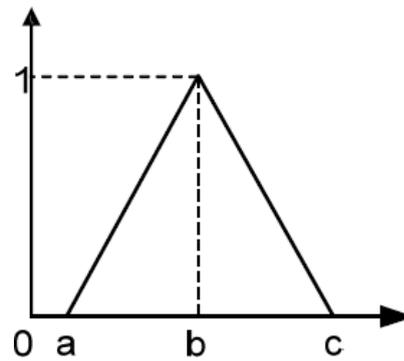


**Gambar 2.6** Kurva Fungsi Linear Naik

Fungsi keanggotaan naik dirumuskan dengan persamaan 2.2 berikut:

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

Suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi segitiga jika mempunyai tiga buah parameter, yaitu  $a, b, c \in \mathbb{R}$  yang menentukan koordinat  $x$  dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (*linier*). Kurva fungsi segitiga diperlihatkan oleh Gambar 2.7 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

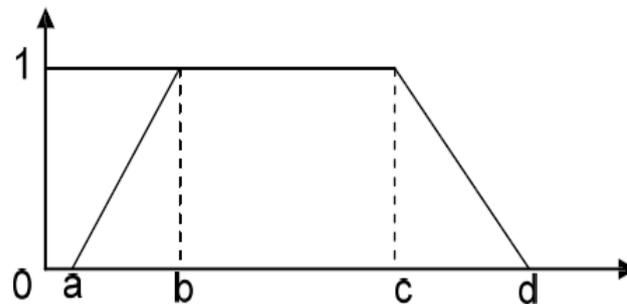


**Gambar 2.7** Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan dirumuskan dengan persamaan 2.3 berikut:

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

Suatu fungsi derajat keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi trapesium jika mempunyai 4 buah parameter ( $a, b, c, d \in \mathbb{R}$ ). Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Dan Kurva fungsi trapesium diperlihatkan oleh Gambar 2.8 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

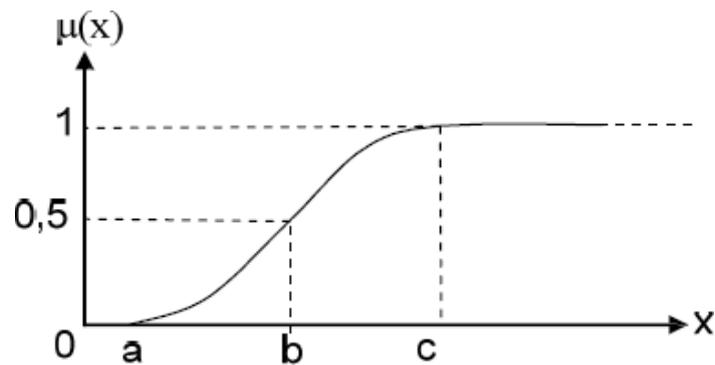


**Gambar 2.8** Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan dirumuskan dengan persamaan 2.4 berikut:

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

Suatu derajat keanggotaan *fuzzy* disebut derajat keanggotaan fungsi-S Pertumbuhan jika mempunyai 3 buah parameter yaitu  $a, b, c \in \mathbb{R}$  dengan  $a$  adalah nilai keanggotaan nol,  $b$  adalah titik tengah antara  $a$  dan  $c$  dengan  $\mu(b) = 0.5$  (titik infleksi) dan  $c$  adalah nilai keanggotaan lengkap, Bentuk kurva fungsi-S Pertumbuhan diperlihatkan oleh Gambar 2.9

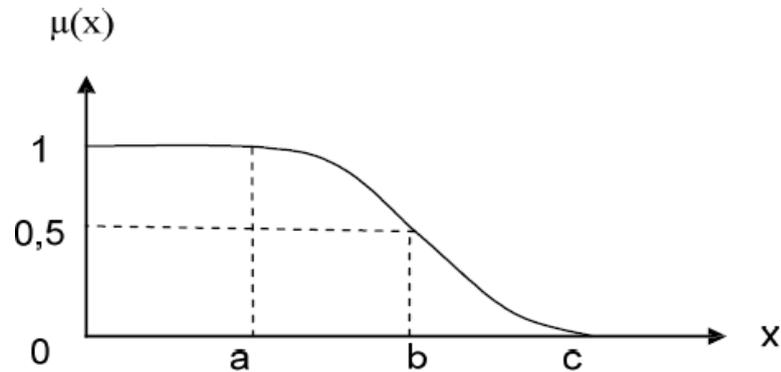


.Gambar 2.9 Kurva Fungsi-S Pertumbuhan

Fungsi keanggotaan pada kurva-S Pertumbuhan dirumuskan dengan persamaan 2.5 berikut:

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ 2\left(\frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha}\right)^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2\left(\frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha}\right)^2 & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.5)$$

Suatu keanggotaan *fuzzy* disebut fungsi keanggotaan fungsi-S penyusutan jika mempunyai 3 buah parameter yaitu  $a, b, c \in \mathbb{R}$  dengan  $a$  adalah nilai keanggotaan nol,  $b$  adalah titik tengah antara  $a$  dan  $c$  dengan  $\mu(b) = 0.5$  (titik infleksi) dan  $c$  adalah nilai keanggotaan lengkap (Kusumadewi, 2002), Kurva fungsi S Penyusutan diperlihatkan oleh Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Kurva Fungsi-S Penyusutan

Fungsi keanggotaan pada kurva-S Penyusutan dirumuskan dengan persamaan 2.6 berikut:

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & x \leq \alpha \\ 1 - 2\left(\frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha}\right)^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 2\left(\frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha}\right)^2 & \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.6)$$

### 2.2.2.3 Operator Fuzzy

Nilai dari keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan disebut dengan *fire strength* atau  $\alpha$ -predikat. Ada tiga operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu (Kusumadewi, 2002):

#### 1. Operator NOT

Misalnya  $A$  adalah suatu himpunan tegas dalam semesta  $X$ , maka komplemen dari  $A$ , yaitu  $A'$ . Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari satu.

#### 2. Operator OR

Gabungan dari himpunan-himpunan tegas  $A$  dan  $B$  dalam semesta  $X$ , yaitu  $A \cup B$ . Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan.  $\alpha$ -

predikat sebagai hasil operasi OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

### 3. Operator AND

Irisan dari himpunan-himpunan tegas  $A$  dan  $B$  dalam semesta  $X$ , yaitu  $A \cap B$ , Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

#### 2.2.2.4 Penegasan (*DeFuzzy*)

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam sistem logika *fuzzy* di mana tujuannya adalah mengkonversi setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke suatu bilangan real. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

#### 2.2.3 Peramalan Dengan Metode *Fuzzy Time Series* (FTS)

*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. Pertama kali dikembangkan oleh Song and Chissom pada tahun 1993. Metode ini sering digunakan oleh para peneliti untuk menyelesaikan masalah peramalan.

##### 2.2.3.1 Defenisi *Fuzzy Time Series* oleh Chen

Perbedaan utama antara *Fuzzy Time Series* dan konvensional *time series* yaitu pada nilai yang digunakan dalam peramalan, yang merupakan himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang ditentukan. Himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan yang

samar. Jika  $U$  adalah himpunan semesta,  $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ , maka suatu himpunan *fuzzy*  $A$  dari  $U$  didefinisikan sebagai  $A=fA(u_1)(u_1)+fA(u_2)(u_2)+\dots+fA(u_n)(u_n)$  di mana  $fA$  adalah fungsi keanggotaan dari  $A, fA:U\rightarrow[0,1]$  dan  $1\leq i\leq n$ .

Sedangkan definisi dari *Fuzzy Time Series* adalah misalkan  $Y(t)(t=\dots, 0, 1, 2, \dots)$ , adalah himpunan *fuzzy*  $f(t)(t=\dots, 0, 1, 2, \dots)$ . Maka  $F(t)$  dinyatakan sebagai *Fuzzy Time Series* terhadap  $Y(t)(t=\dots, 0, 1, 2, \dots)$ .

Dari definisi di atas, dapat dilihat bahwa  $F(t)$  bisa dianggap sebagai variabel linguistik dan  $f(t)(t=\dots, 0, 1, 2, \dots)$  bisa dianggap sebagai kemungkinan nilai linguistik dari  $F(t)$ , di mana  $f(t)(t=\dots, 0, 1, 2, \dots)$  direpresentasikan oleh suatu himpunan *fuzzy*. Bisa dilihat juga bahwa  $F(t)$  adalah suatu fungsi waktu dari  $t$  misalnya, nilai-nilai dari  $F(t)$  bisa berbeda pada waktu yang berbeda tergantung pada kenyataan bahwa himpunan semesta bisa berbeda pada waktu yang berbeda. Dan jika  $F(t)$  hanya disebabkan oleh  $F(t-1)$  maka hubungan ini digambarkan sebagai  $F(t-1) \rightarrow F(t)$ .

## 23 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang berorientasi objek dinamis, dapat digunakan untuk bermacam macam pengembangan perangkat lunak. Python menyediakan dukungan yang kuat untuk integrasi dengan bahasa pemrograman lain dan alat-alat bantu lainnya. Python hadir dengan pustaka-pustaka standar yang dapat diperluas serta dapat dipelajari hanya dalam beberapa hari. Bahasa pemrograman yang interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Python diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif.

Python dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1990-an di CWI, Amsterdam sebagai kelanjutan dari bahasa pemrograman ABC. Versi terakhir yang dikeluarkan CWI adalah 1.2. Tahun 1995, Guido pindah ke CNRI sambil terus melanjutkan pengembangan Python. Versi terakhir yang dikeluarkan adalah 1.6. Tahun 2000, Guido dan para pengembang inti Python pindah ke Be Open.com yang

merupakan sebuah perusahaan komersial dan membentuk Be Open Python Labs. Python 2.0 dikeluarkan oleh Be Open. Setelah mengeluarkan Python 2.0, Guido dan beberapa anggota tim Python Labs pindah ke Digital Creations. Saat ini pengembangan Python terus dilakukan oleh sekumpulan programmer yang dikoordinir Guido dan Python Software Foundation. Python Software Foundation adalah sebuah organisasi non-profit yang dibentuk sebagai pemegang hak cipta intelektual Python sejak versi 2.1 dan dengan demikian mencegah Python dimiliki oleh perusahaan komersial. Saat ini distribusi Python sudah mencapai versi 2.7.13 dan versi 3.6.0. Nama Python dipilih oleh Guido sebagai nama bahasa ciptaannya karena kecintaan Guido pada acara televisi *Monty Python's Flying Circus*. Oleh karena itu seringkali ungkapan-ungkapan khas dari acara tersebut seringkali muncul dalam korespondensi antar pengguna Python.

## **24 Pengujian Hasil Prediksi**

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam melakukan pengujian hasil prediksi, salah satunya adalah metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE sering digunakan dalam mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data deret waktu, semakin kecil hasil dari MAPE maka semakin akurat pula hasil prediksi dari suatu metode peramalan tersebut. Sedangkan pengertian MAPE adalah ukuran ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan (Sungkawa dan Tri, 2011).

### **2.4.1 Metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu dan kemudian nilai tersebut dirata-ratakan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata.

$$\text{MAPE} = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{V_{1t} - \hat{X}}{X_t} \right| \quad (2.7)$$

Dengan

$n$  = banyak data

$x_t$  = data observasi nyata pada waktu  $t$

$\hat{X}$  = data hasil peramalan pada waktu  $t$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN DAN PERANCANGAN**

#### **3.1 Alat dan Data Penelitian**

##### **3.1.1 Alat Bantu Penelitian**

Alat bantu penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode *fuzzy Time Series*, untuk menentukan pola data dan memproyeksikan pola data tersebut untuk proses peramalan jumlah penduduk Kota Pontianak.

##### **3.1.1.1 Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang akan digunakan penelitian ini adalah :

1. Sistem operasi Windows 10
2. Python *version* 3.7.4
3. PyCharm
4. Browser Google Chrome
5. Microsoft Excel 2016

##### **3.1.1.2 Perangkat Keras**

Laptop Dell dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Prosesor Intel Core i3-2356M
2. Memori 4096MB RAM
3. Penyimpanan hard disk 298.09 GB
4. OS Type64-bit

##### **3.1.2 Data Penelitian**

Pada data dalam Penelitian merupakan data statistik jumlah penduduk dari tahun 1990 hingga 2021. Data dari statistik jumlah penduduk yang digunakan adalah data yang telah terdata pada Badan Pusat Statistik setiap tahunnya.

#### **3.2 Metodologi Penelitian**

Pada metodologi penelitian ini merupakan merupakan proses penelitian untuk mencapai hasil penelitian. Metodologi penelitian di bedakan menjadi 2 yaitu metode penelitian kuantitatif dan metode penelitian kualitatif. Pada metode penelitian kuantitatif yaitu investigasi sistematis fenomena data dapat diukur

dengan melakukan teknik statis. Pada metode penelitian kualitatif yaitu penelitian yang bersifat deskriptif dan cenderung menganalisa. Pada penelitian saat yaitu bersifat kuantitatif karena menggunakan data historis dan perhitungan matematika adapun metode penelitian yaitu seperti gambar 3.1. :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mencari referensi ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan teknik peramalan (*forecasting*), *Fuzzy Time Series* maupun melalui penelitian-penelitian yang berkaitan dengan sebelumnya.

### 3.2.2 Pengumpulan Data

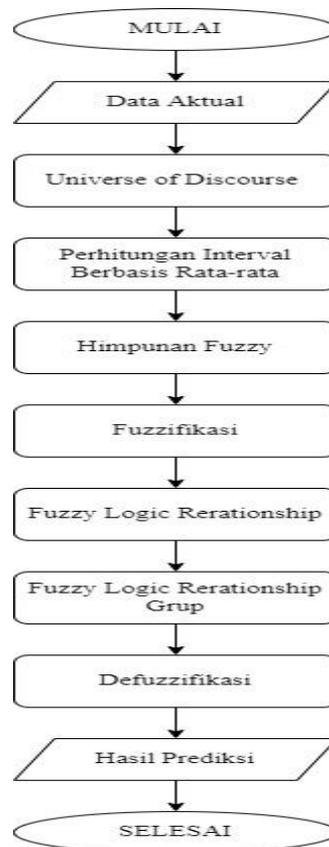
Pengumpulan data yang akan dilakukan dengan memperoleh data historis jumlah penduduk yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika. Data yang akan digunakan dari 1990 hingga 2021. Data tersebut memiliki catatan jumlah penduduk.

### 3.2.3 Menentukan Perhitungan Prediksi dan implementasi pada python

Pada tahapan perhitungan prediksi dilakukan beberapa tahapan dalam melakukan perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Selain itu yang perlu di-*install* untuk membantu dalam menerapkan prediksi menggunakan data historis pada *Fuzzy Time Series* dan memudahkan dalam menganalisis data hasil prediksi.

#### 3.2.3.1 Langkah-Langkah Perhitungan

Langkah-langkah di gunakan untuk mengimplementasikan metode *fuzzy time series* dalam memprediksi jumlah penduduk. ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk memprediksi yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 Berikut :



**Gambar 3.2** Diagram Alir Proses *Fuzzy Time Series*

### 3.2.3.1.1. Universe of Discourse

*Universe of Discourse* adalah tahapan pertama dalam melakukan prediksi dengan cara menggunakan *Fuzzy Time Series*. *Universe of Discourse* atau batas semesta pembicaraan yang akan digunakan dalam perhitungan dengan cara menentukan data terkecil dan data terbesar dari data *time series* sehingga terbentuk *Universe of Discourse*. Himpunan semesta dapat didefinisikan dengan  $U$  dimana didefinisikan sebagai  $[D_{min} - D1, D_{max} + D2]$ .

$D_{min}$  merupakan nilai terkecil dan  $D_{max}$  merupakan nilai terbesar dari historis yang akan digunakan dalam penelitian.  $D1$  dan  $D2$  merupakan bilangan positif yang ditentukan oleh peneliti untuk membentuk himpunan semesta yang akan digunakan dalam melakukan perhitungan *Fuzzy Time Series*.

#### Langkah 1. Input Data

Pada data yang digunakan adalah data Jumlah penduduk (JP). Tabel 3.1 adalah data jumlah penduduk dari periode 1990-2021.

**Tabel 3.1** Data Jumlah Penduduk

Tahun	JP		Tahun	JP		Tahun	JP
1990	395.128		2001	463.735		2012	575.843
1991	400.191		2002	472.389		2013	587.169
1992	406.354		2003	481.911		2014	598.097
1993	411.195		2004	490.372		2015	607.438
1994	417.339		2005	500.017		2016	618.338
1995	423.017		2006	508.658		2017	627.021
1996	429.443		2007	517.071		2018	637.723
1997	435.563		2008	526.945		2019	646.661
1998	442.352		2009	537.319		2020	658.685
1999	449.533		2010	550.764		2021	672.727
2000	456.081		2011	565.856			

Kemudian data dari JP tersebut di kalkulasikan akan mendapatkan nilai minimal dan maksimal dari data JP tersebut ( $X_{min}=395.128$ ,  $X_{max}=672.727$ ). Setelah itu untuk mendapat *Universe of Discourse* atau dapat didefinisikan sebagai U akan dilakukan pengurangan nilai terkecil pada U dan penambahan nilai terbesar. Pengurangan dan penjumlahan pada U diperoleh 2 persen dari nilai terkecil dan nilai terbesar, dari nilai 2 persen terdapat nilai terkecil yaitu 7,92 sedangkan nilai dari 2 persen dari nilai terbesar 13,45, Dari nilai tersebut terdapat perbedaan, Maka *Universe of Discourse* dapat di defenisikan sebagai  $U=[387,22, 686,18]$

Pada impementasi python untuk menampilkan data historis bisa di lihat pada kode program 3.1

### **Kode Program 3.1** Menampilkan grafik data historis

```
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')
import matplotlib.pyplot as plt
%pylab inline
from pyFTS.data import JP
fig, ax = plt.subplots(nrows=1, ncols=1, figsize=[10,5])
df = JP.get_dataframe()
plot(df['Tahun'],df['jp'])
data = df['jp'].values
```

#### **3.2.3.1.2. Perhitungan Interval Berbasis Rata-Rata**

Menentukan interval berbasis rata-rata dengan cara menghitung setengah dari hasil rata-rata nilai selisih antara data historis kemudian dibulatkan berdasarkan Tabel basis interval. Nilai interval diperoleh dengan membagi nilai jangkauan dengan nilai perhitungan yang tadi telah dibulatkan.

**Tabel 3.2** Basis Interval

<b>Jangkauan</b>	<b>Basis</b>
0.1 – 1.0	0.1
1.1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100

Alur dalam menghitung interval dengan berbasis rata-rata sebagai berikut :

1. Hitung semua selisih antara data historis dengan persamaan  $A_{i+1}$  dan  $A_i$  ( $i=1, \dots, n-1$ ) kemudian dijumlahkan semua selisih setiap data tersebut.
2. Jumlah selisih kemudian dibagi banyak data selisih, dibagi 2 dan dibulatkan.
3. Kemudian menentukan jumlah kelas interval yang diperoleh dari  $D_{max} - D_{min}$  dan dibagi dengan nilai panjang interval pada langkah kedua. Kemudian nilai jangkauan dibulatkan sehingga didapat jumlah kelas jangkauan.

Rumus untuk menghitung jumlah kelas interval dapat dilihat pada rumus 3.1 sebagai berikut:

$$K = \frac{(D_{max} + D_{min}) - (D_{min} - D_1)}{I} \quad (3.1)$$

Dengan

$D_{max}$  = nilai terbesar dalam  $U$

$D_{min}$  = nilai terkecil dalam  $U$

$D_2$  = Persentase dari nilai terbesar

$D_1$  = persentase dari nilai terkecil

$I$  = Panjang nilai interval

**Langkah 2.** Hitung interval efektif dengan basis rata-rata dari 32 (tiga puluh dua) data seperti pada table 3.1 yang di peroleh dari rata-rata selisih ialah sebesar 8,9548. Jika nilai dari 8,9548 di bagi dua maka nilai nya adalah 4,4774. Jika dilihat pada tabel 3.2 maka nilai basis interval yang digunakan adalah 1. Kemudian nilai dari 4,4774 jika dibulatkan berdasarkan basis sehingga dapat di peroleh nilai adalah 4. Sebagai Panjang interval yang efektif.

Jika nilai 4 digunakan sebagai Panjang interval untuk membagi himpunan semesta  $U$ , Di dapatkan nilai interval dari hasil bagi jangkauan dengan nilai interval. Nilai jangkauan diperoleh dari selisih nilai maksimal yaitu. 686,18(batas atas) dikurangi 387,22 (batas bawah) sama dengan 298,95. Dari nilai jangkauan

yang diperoleh sebesar 298,95 dibagi dengan Panjang interval sebesar 4, Maka nilai yang diperoleh 66,7699 karena nilai interval harus bulat maka dibulat menjadi 67.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari perhitungan manual didalam menentukan proses dari interval berbasis rata-rata didapatkan hasil yang efektif adalah 2%, dengan pengujian dari yang telah diubah-ubah dari 1% sampai dengan 10%, hal ini dikarenakan 2% adalah hasil terbaik dengan menggunakan data jumlah penduduk dari pengujian MAPE.

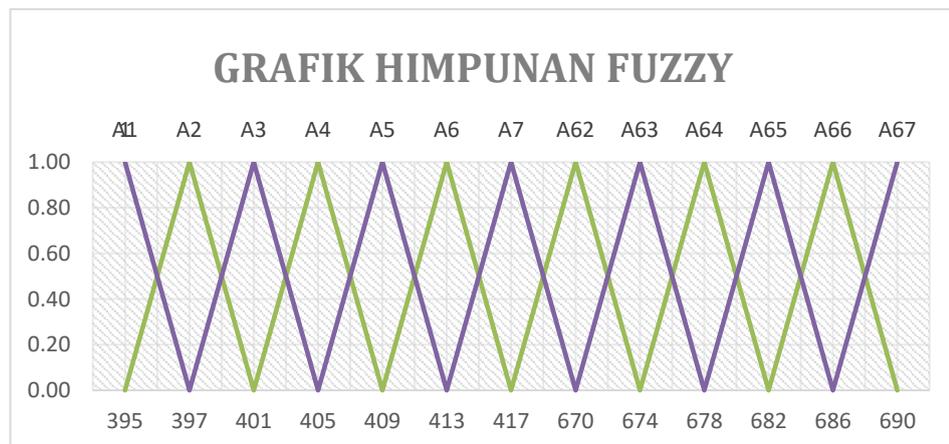
Pada implementasi python untuk menampilkan *fuzzy set* bisa dilihat pada kode program 3.2

### **Kode Program 3.2** Menampilkan grafik *fuzzy set*

```
from pyFTS.partitioners import Grid
fs = Grid.GridPartitioner(data=data, npart=interval, margin=0.04)
fig, ax = plt.subplots(nrows=1, ncols=1, figsize=[25,7])
print (fs)
fs.plot(ax)
```

#### **3.2.3.1.3. Fuzzifikasi**

Fuzzifikasi adalah proses dari mengidentifikasi data historis yang digunakan untuk *fuzzy set* atau pengelompokan data yang sesuai dengan keanggotaan himpunan *fuzzy*. Nilai *fuzzy set* didapat dari nilai jangkau setiap keanggotaan *fuzzy* dari perhitungan interval berbasis rata-rata. Contoh *fuzzy set* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3 Berikut.



**Gambar 3.3** Grafik *Fuzzy Set*

**Langkah 3.** Bagi Universe of Discourse  $U$  dengan beberapa seri data  $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ , dan akan ditentukan nilai lingustiknya.

Pertama Universe of Discourse  $U$  dibagi ke dalam 67 interval yang sama besar dengan cara membagi nilai jangkauan 298,95 dengan 67 diperoleh dari 4. Maka nilai tersebut akan dijadikan selisih antar batas atas dan batas bawah dari setiap himpuna yang ada.

$$\begin{array}{lll}
 u_1 = [395,399], & u_2 = [400,403], & u_3 = [404,408], \\
 u_4 = [409,412], & u_5 = [413,417], & u_6 = [418,421], \\
 u_7 = [422,425], & u_8 = [426,430], & u_9 = [431,434], \\
 u_{10} = [435,439], & u_{11} = [440,443], & u_{12} = [444,448], \\
 u_{13} = [449,452], & u_{14} = [453,457], & u_{15} = [458,451]. \\
 u_{16} = [462,466], & u_{17} = [467,470], & u_{18} = [471,457], \\
 u_{19} = [476,479], & u_{20} = [480,484], & u_{21} = [485,488], \\
 u_{22} = [489,493], & u_{23} = [494,497], & u_{24} = [494,502], \\
 u_{25} = [503,506], & u_{26} = [507,511], & u_{27} = [512,515], \\
 \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots \\
 u_{60} = [659,663], & u_{61} = [664,667], & u_{62} = [668,672], \\
 u_{63} = [673,676], & u_{64} = [677,681], & u_{65} = [682,686]. \\
 u_{66} = [686,690], & u_{67} = [691,695].
 \end{array}$$

Setelah itu menentukan 67 nilai linguistik yang membentuk yang membentuk 67 *fuzzy set*  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, \dots, A_{67}$ , dalam *Universe of Discourse*  $U$  untuk membagi nilai jangkauan 298,95 dengan Panjang interval dikurangi satu maka dapat diperoleh nilai 66,7699 jika dibulatkan menjadi 67 nilai tersebut dapat dijadikan selisih antara satu himpunan dengan himpunan yang lain.

$$\begin{array}{lll}
 u_1 = [397], & u_2 = [401], & u_3 = [406], \\
 u_4 = [410], & u_5 = [415], & u_6 = [419], \\
 u_7 = [424], & u_8 = [428], & u_9 = [433], \\
 u_{10} = [437], & u_{11} = [442], & u_{12} = [428], \\
 u_{13} = [433], & u_{14} = [437], & u_{15} = [442].
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
u_{16} &= [446], & u_{17} &= [451], & u_{18} &= [455], \\
u_{19} &= [460], & u_{20} &= [464], & u_{21} &= [469], \\
u_{22} &= [473], & u_{23} &= [477], & u_{24} &= [477], \\
u_{25} &= [482], & u_{26} &= [486], & u_{27} &= [491], \\
\dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
\dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
u_{60} &= [661], & u_{61} &= [666], & u_{62} &= [670], \\
u_{63} &= [674], & u_{64} &= [679], & u_{65} &= [683], \\
u_{66} &= [688], & u_{67} &= [693].
\end{aligned}$$

**Langkah 4.** *Fuzzifikasi* nilai dari data historis jumlah penduduk.

Dengan cara menggunakan fungsi dari nilai keanggotaan dari *fuzzy sets* yang telah terbentuk, maka akan dapat diperoleh hasil *fuzzifikasi* dari data historis jumlah penduduk yang digunakan.

**Tabel 3.3** Hasil fuzzifikasi data Historis

Waktu	JP	Fuzzifikasi
1990	395,128	A1
1991	400,191	A2
1992	406,354	A3
1993	411,195	A4
1994	417,339	A5
1995	423,017	A7
1996	429,443	A8
1997	435,563	A10
1998	442,352	A11
1999	449,533	A13
2000	456,081	A14
2001	463,735	A16
2002	472,389	A18
2003	481,911	A20
2004	490,372	A22
2005	500,017	A24

Waktu	JP	Fuzzifikasi
2006	508,658	A26
2007	517,071	A28
2008	526,945	A30
2009	537,319	A32
2010	550,764	A35
2011	565,856	A39
2012	575,843	A41
2013	587,169	A43
2014	598,097	A46
2015	607,438	A48
2016	618,338	A50
2017	627,021	A52
2018	637,723	A55
2019	646,661	A57
2020	658,685	A59
2021	672,727	A62

Pada implementasi python untuk menampilkan fuzzifikasi bisa dilihat pada kode program 3.3

**Kode Program 3.3** Menampilkan fuzzifikasi

```
fuzzyfied = fs.fuzzyfy(data, method='maximum', mode='sets')
fuzzyfied
```

**3.2.3.1.4 Fuzzy Logic Relationship (FLR)**

Pada tahapan ini akan menentukan keterhubungan antar data historis yang setelah melakukan fuzzifikasi. Adapun keterangan FLR ditampilkan pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** *Fuzzy Logic Relationship*

Relasi Fuzzy	Relasi Fuzzy
$A_1 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_3$
$A_1 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_1$
$A_2 \rightarrow A_1$	$A_3 \rightarrow A_3$
$A_2 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_2$

**Langkah 5.** Bentuk ini adalah *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) dari Tabel fuzzifikasi berdasarkan urutan *time series*-nya yang ditampilkan pada Tabel 3.5 berikut.

**Tabel 3.5** *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

<i>Time Series</i>	FLR	<i>Time Series</i>	FLR
1990→1991	$A_1 \rightarrow A_2$	2005→2006	$A_{26} \rightarrow A_{28}$
1991→1992	$A_2 \rightarrow A_3$	2006→2007	$A_{28} \rightarrow A_{30}$
1992→1993	$A_3 \rightarrow A_4$	2007→2008	$A_{30} \rightarrow A_{32}$
1993→1994	$A_4 \rightarrow A_5$	2008→2009	$A_{32} \rightarrow A_{35}$
1994→1995	$A_5 \rightarrow A_7$	2009→2010	$A_{35} \rightarrow A_{39}$
1995→1996	$A_7 \rightarrow A_8$	2010→2011	$A_{39} \rightarrow A_{41}$
1996→1997	$A_8 \rightarrow A_{10}$	2011→2012	$A_{41} \rightarrow A_{43}$
1997→1998	$A_{10} \rightarrow A_{11}$	2012→2013	$A_{43} \rightarrow A_{46}$
1998→1999	$A_{11} \rightarrow A_{13}$	2013→2014	$A_{46} \rightarrow A_{48}$
1999→2000	$A_{13} \rightarrow A_{14}$	2014→2015	$A_{48} \rightarrow A_{50}$

2000→2001	A14→A16	2015→2016	A50→A52
2001→2002	A16→A18	2016→2017	A52→A55
2002→2003	A18→A20	2017→2018	A55→A57
2003→2004	A20→A22	2019→2020	A57→A59
2004→2005	A22→A24	2020→2021	A59→A62

Pada implementasi python untuk melakukan pembentukan FLR bisa di lihat pada kode program 3.4

#### **Kode Program 3.4** Pembentukan FLR

```
from pyFTS.common import FLR
patterns = FLR.generate_non_recurrent_flrs(fuzzyfied)
print([str(k) for k in patterns])
```

#### **3.1.3.1.5. Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)**

*Fuzzy logic relationship group* terbentuk berdasarkan *fuzzy logic relationship* yang memiliki *left hand side* yang sama. Berdasarkan *fuzzy logic relationship* yang telah terbentuk.

**Langkah 6.** Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)* berdasarkan Tabel *Fuzzy Logic Relationship (FLR)*.

**Tabel 3.6** *Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)*

Current Stage	Next Stage	Current Stage	Next Stage
A1→	A2	A14→	A16
A2→	A3	A15→	-
A3→	A4	A16→	A18
A4→	A5	A17→	-
A5→	A7	A18→	A20
A6→	-	A19→	-
A7→	A8	A20→	A22
A8→	A10	A21→	-
A9→	-	A22→	A24
A10→	A11	A23→	-
A11→	A13	A24→	A26
A12→	-	A25→	-
A13→	A14	A26→	A28

Current Stage	Next Stage
A27→	-
A28→	A30
A29→	-
A30→	A32
A31→	-
A32→	A35
A33→	-
A34→	-
A35→	A39
A36→	-
A37→	-
A38→	-
A39→	A41
A40→	-
A41→	A43
A42→	-
A43→	A46
A44→	-
A45→	-
A46→	A48

Current Stage	Next Stage
A47→	-
A48→	A50
A49→	-
A50→	A52
A51→	-
A52→	A55
A53→	-
A54→	-
A55→	A57
A56→	-
A57→	A59
A58→	-
A59→	A62
A60→	-
A61→	-
A62→	-
A63→	-
A64→	-
A65→	-
A66→	-
A67→	-

Pada implementasi python untuk menampilkan hasil dari FLRG bisa dilihat pada kode program 3.6

### **Kode Program 3.6** Menampilkan hasil FLRG

```
from pyFTS.common import Util

Util.plot_rules(model, size=[15,5] , rules_by_axis=67)
```

### 3.1.3.1.5. Defuzzifikasi

Untuk mempermudah pada tahapan proses dari peramalan maka bisa dihitung terlebih dahulu semua nilai yang mungkin dari hasil fuzzifikasi untuk masing-masing grup. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut:

**Langkah 7.** Melakukan proses defuzzifikasi dan peramalan berdasarkan FLRG yang telah dibentuk.

**Tabel 3.7** Hasil defuzzifikasi FLRG

Current State	Forecasted
A1→	401
A2→	406
A3→	410
A4→	415
A5→	424
A6→	419
A7→	428
A8→	437
A9→	433
A10→	442
A11→	451
A12→	446
A13→	455
A14→	464
A15→	460
A16→	473
A17→	469
A18→	482
A19→	477
A20→	491
A21→	486
A22→	500
A23→	495
A24→	509
A25→	504
A26→	518
A27→	513
A28→	527
A29→	522
A30→	536
A31→	531
A32→	549
A33→	540
A34→	545

Current State	Forecasted
A35→	567
A36→	554
A37→	558
A38→	563
A39→	576
A40→	571
A41→	585
A42→	580
A43→	598
A44→	589
A45→	594
A46→	607
A47→	603
A48→	616
A49→	612
A50→	625
A51→	621
A52→	639
A53→	630
A54→	634
A55→	648
A56→	643
A57→	657
A58→	652
A59→	670
A60→	661
A61→	666
A62→	670
A63→	674
A64→	679
A65→	683
A66→	688
A67→	693

Kemudian hasil dari defuzzifikasi setiap grup yang dihitung, maka proses peramalan sudah dapat dilakukan, dapat ditampilkan pada tabel 3.8.

**Tabel 3.8** Hasil perhitungan *Fuzzy Time Series*

Tahun	JP		<i>Forecasted</i>
1990	395,128	-	-
1991	400,191	A1	401
1992	406,354	A2	406
1993	411,195	A3	410
1994	417,339	A4	415
1995	423,017	A5	424
1996	429,443	A7	428
1997	435,563	A8	437
1998	442,352	A10	433
1999	449,533	A11	442
2000	456,081	A13	451
2001	463,735	A14	446
2002	472,389	A16	455
2003	481,911	A18	464
2004	490,372	A20	460
2005	500,017	A22	473
2006	508,658	A24	469
2007	517,071	A26	482
2008	526,945	A28	477
2009	537,319	A30	491
2010	550,764	A32	486
2011	565,856	A35	500
2012	575,843	A39	495
2013	587,169	A41	509
2014	598,097	A43	504
2015	607,438	A46	518
2016	618,338	A48	513
2017	627,021	A50	527
2018	637,723	A52	522
2019	646,661	A55	536
2020	658,685	A57	531
2021	672,727	A59	549

Pada implementasi python untuk menampilkan grafik defuzzifikasi bisa dilihat pada kode program 3.7

**Kode Program 3.7** Menampilkan grafik defuzzifikasi

```
fig, ax = plt.subplots(nrows=1, ncols=1,
figsize=[15, 5])
forecasts = model.predict(data)
forecasts.insert(0, None)
orig, = plot(data, label="Original data")
```

```
pred, = plot(forecasts, label="Forecasts")
legend(handles=[orig, pred])
```

### 3.2.4 Instalasi Alat Bantu

Dalam menginstal alat bantu pada penelitian kali ini berupa beberapa dari *package* yang berasal dari *python package index* (PyPI). PyPI adalah sebuah repositori perangkat lunak untuk bahasa pemrograman python yang dapat membantu peneliti untuk menemukan perangkat lunak yang dikembangkan dan dibagikan oleh komunitas python. Perangkat lunak tersebut pada penelitian ini berguna untuk membantu dalam analisis dan perhitungan *fuzzy time series*.

#### 3.2.4.1 Instalasi Python dan Pycharm

Pada penelitian kali ini menggunakan python sebagai bahasa pemrogramannya. Untuk menggunakan bahasa pemrograman python maka pertama *download* python di [www.python.org](http://www.python.org) dan *install* python pada perangkat yang akan digunakan untuk penelitian. Setelah instalasi python dilanjutkan dengan instalasi pycharm. Pycharm merupakan *text editor* yang akan digunakan pada penelitian ini. Pycharm sudah terintegrasi dengan beberapa *scientific packages* sehingga sangat cocok digunakan dalam perhitungan *fuzzy time series*. Sebelum instalasi pycharm pastikan *install* terlebih dahulu *java development kit* karena pycharm mempunyai dasar java. *Install* pycharm dengan cara mengunduhnya di [www.jetbrains.com/pycharm/](http://www.jetbrains.com/pycharm/).

#### 3.2.4.2 Instalasi Package

*Package* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pyFTS (python *Fuzzy Time Series*). Untuk menjalankan package pyFTS ini membutuhkan instalasi dari *package* lainnya seperti matplotlib, pandas, jupyter, dll.

*Package-package* yang akan digunakan dalam penelitian ini akan diinstal di dalam satu folder *virtual environment*. Pada dasarnya packages python diinstal secara global di komputer di dalam satu direktori yang dapat menyebabkan beberapa masalah ketika bekerja pada banyak *project* sehingga disarankan menggunakan *virtual environment*. Berikut *commands* untuk membuat *virtual*

*environment* dan instalasi *package* yang dibutuhkan

```
$ python3 -m venv nama_direktori
$ source nama_direktori/bin/activate
$ pip install pyfts
$ pip install matplotlib
$ pip install pandas
$ pip install scipy
$ pip install dill
```

### 3.3 Pengujian dan Analisis Pembahasan

Pengujian yang digunakan dengan cara menghitung dari data historis dengan data hasil prediksi menggunakan MAPE. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu dan kemudian nilai tersebut dirata-ratakan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata.

Analisis Pembahasan dilakukan dengan cara menerapkan tahapan prediksi dalam melakukan prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series* pada *tools* pyfts yang telah diinstal untuk melihat hasil prediksi dalam penerapan metode *Fuzzy Time Series* pada prediksi jumlah penduduk.

Pelaksanaan uji coba ini menggunakan data historis dari jumlah penduduk. Proses uji coba dilakukan untuk menentukan keakuratan dari sistem dalam melakukan proses prediksi jumlah penduduk Berdasarkan MAPE. Untuk uji coba pertama yang akan dilakukan dengan prediksi jumlah penduduk yaitu menggunakan data dari *time series* dalam periode 32 tahun, 22 tahun dan 12 tahun dengan total data yang digunakan sebanyak 32 data historis, 22 data historis dan 12 data historis, dengan demikian akan dilakukan proses manipulasi pada nilai U yang akan dilakukan pengujian mulai dari 0% hingga 10%. Untuk uji coba kedua pengujian dengan membandingkan data hasil prediksi dengan data historis. Data historis yang digunakan yaitu periode 1990 hingga periode 2021. Yaitu dengan menggunakan data 32 tahun data historis, 22 data tahun data historis, dan 12 tahun data historis.

### **3.4 Penarikan Kesimpulan**

Kesimpulan berdasarkan dari hasil penerapan implementasi metode *Fuzzy Time Series* pada jumlah penduduk berdasarkan data historis. Kemudian dapat melihat hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan menilai hasil prediksi yang dilakukan dengan menggunakan *tools* pyfts.

## BAB IV HASIL DAN ANALISIS

### 4.1 Hasil Penelitian

Berikut ini adalah hasil dari penelitian yang sudah digunakan pada bab-bab sebelumnya. Hasil dari penelitian ini terdiri pengumpulan data, menentukan model prediksi dalam implementasi prediksi menggunakan metode *Fuzzy Time Series*, dan pengujian hasil prediksi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

#### 4.1.1 Hasil Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data yang sudah dilakukan untuk memperoleh data-data historis jumlah penduduk yang sudah diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Jumlah data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebanyak 32 data. Data bisa dilihat seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Historis Jumlah Penduduk

Tahun	JP		Tahun	JP		Tahun	JP
1990	395.128		2001	463.735		2012	575.843
1991	400.191		2002	472.389		2013	587.169
1992	406.354		2003	481.911		2014	598.097
1993	411.195		2004	490.372		2015	607.438
1994	417.339		2005	500.017		2016	618.338
1995	423.017		2006	508.658		2017	627.021
1996	429.443		2007	517.071		2018	637.723
1997	435.563		2008	526.945		2019	646.661
1998	442.352		2009	537.319		2020	658.685
1999	449.533		2010	550.764		2021	672.727
2000	456.081		2011	565.856			

### 4.1.2 Implementasi Fuzzy Time Series Menggunakan PyFITS

Pada penelitian kali ini mengimplementasikan metode peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* dengan bantuan *tools* dari bahasa pemrograman python yang disebut dengan PyFITS, dengan menggunakan beberapa tambahan dari *package* yang harus diinstall dahulu untuk menjalankan *tools* PyFITS tersebut. Adapun perangkat lunak yang akan diinstall adalah sebagai berikut:

1. *Package* PyFITS sebagai *tools* untuk melakukan proses prediksi
2. *Google Colab* untuk menampilkan proses dari prediksi

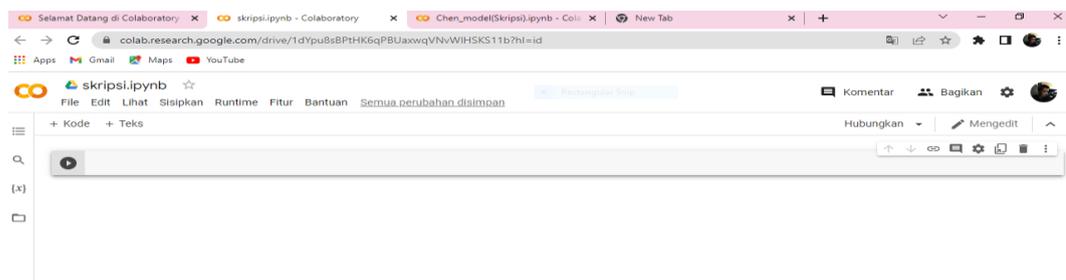
### 4.1.3 Proses Pengolahan data

Data yang sudah didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kota Pontianak setelah itu diurutkan dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2021 dengan cara menggunakan *software Microsoft Excel*. Setelah itu data disimpan dengan format *Comma Separated Values(CVS)*. Selanjutnya data yang telah diurutkan pada *Microsoft Excel* dengan format CSV tersebut diupload pada Github.com. Selanjutnya file yang telah di upload pada github.com dijadikan raw untuk ambil *link* nya. *Link* tersebut akan digunakan untuk membuat *python file* yang akan digunakan sebagai data *input* pada program yang telah dirancang dengan menggunakan bantuan software Subline Text. Data dapat dilihat pada tabel 4.1.

#### 4.1.2.1 Memasukkan Data

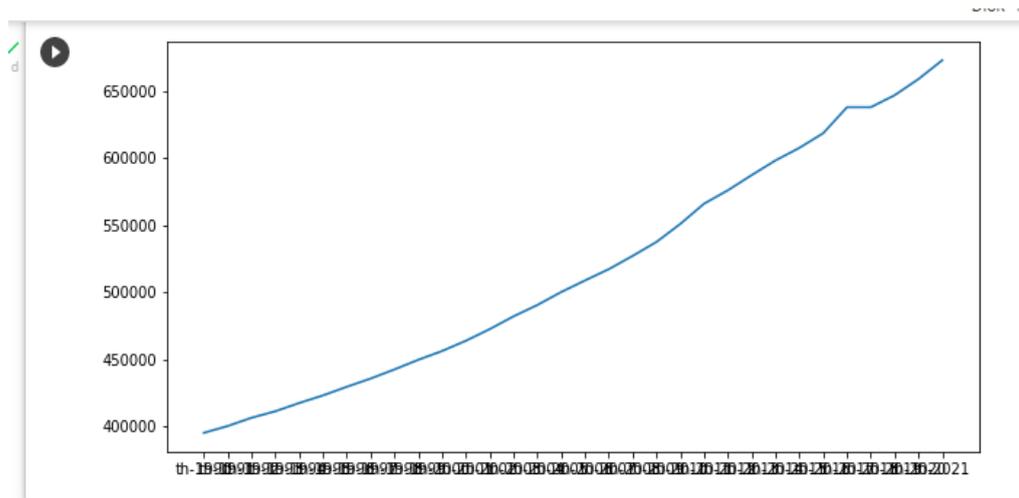
Kemudian data sudah disimpan menggunakan format *Comma Separated Values (CSV)*. Kemudian masukkan folder lalu jalankan.

Halaman awal setelah membuka Google Colab dapat dilihat pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1** Tampilan Google Colab

Setelah itu langkah proses untuk mengimport data supaya dapat membaca file agar bisa melanjutkan kedalam proses *Fuzzy Time Series*. Kemudian data yang akan di masukkan akan di tampilkan pada sebuah grafik agar bisa dilanjutkan kedalam proses Fuzzy Time Series selanjutnya bisa dilihat pada kode program 3.1. Bisa dilihat pada gambar 4.2



**Gambar 4.2** Grafik data historis

### 4.1.3 Perhitungan Fuzzy Time Series

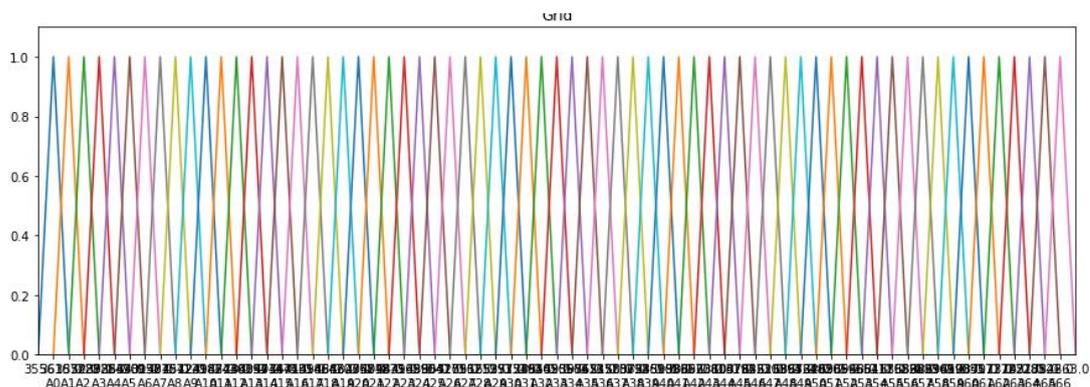
Kemudian untuk dapat melakukan penginputan data, selanjutnya masuk ke dalam proses perhitungan sehingga dapat menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Mulai dari *universe of discourse*, yang membagi banyak interval didapat dari perhitungan manual pada bab tiga sebelumnya dengan menggunakan rata-rata berbasis interval.

#### 4.1.3.1 Proses Pembentukan Fuzzy Set

Dalam proses pembentukan *Fuzzy Set* untuk mendapatkan interval adalah dengan cara menjumlahkan total selisih dari antar data kemudian dibagi dengan seluruh total data dan dikurang 1. Kemudian hasilnya dibagi 2, Kemudian dihitung nilai terkecil dan terbesar nilai terkecil dengan hasil 2 persen dari nilai terkecil itu. Nilai terbesar juga harus dihitung 2 persennya dan ditambahkan dengan nilai

terbesarnya, Kemudian hasil dari pengurangan dan penambahan pada nilai terkecil dan nilai terbesar dihitung selisihnya dan di bagi hasil dari rata-rata selisih yang telah dihitung sebelumnya. Pada penelitian kali ini didapatkan jumlah interval sebanyak 67. Kemudian sistem akan melakukan pembagian panjang antar interval dengan nilai terbesar dikurangi nilai terkecil dibagi yang dimasukan bisa dilihat pada kode program 3.2:

Tampilan *fuzzy set* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3.** Fuzzy Set

#### 4.1.3.2 Proses Fuzzifikasi

Untuk melakukan proses fuzzifikasi terlebih dahulu melakukan melakukan proses *fuzzy sets* atau pembagian interval berdasarkan *Universe of Discourse*. Kemudian setiap data historis jumlah penduduk akan dimasukan kedalam intervalnya yang sesuai dengan nilai dan letak intervalnya. Pada proses fuzzifikasi bisa dilihat pada kode program 3.3:

Tampilan hasil fuzzifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.

```

▶ ['A7',
  'A8',
  'A9',
  'A10',
  'A11',
  'A12',
  'A13',
  'A14',
  'A15',
  'A16',
  'A18',
  'A19',
  'A20',
  'A22',
  'A23',
  'A25',
  'A27',
  'A28',
  'A30',
  'A32',
  'A34',
  'A37',
  'A38',
  'A40',
  'A42',
  'A44',
  'A46',
  'A49',
  'A49',
  'A51',

```

**Gambar 4.4** Fuzzifikasi

#### 4.1.3.3 Proses *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Kemudian dari tahap penyelesaian dari melakukan fuzzifikasi, Setelah itu masuk kedalam tahapan untuk menentukan keterhubungan antar data historis atau disebut dengan *Fuzzy Logic Relationship*. Untuk melakukan proses FLR dapat dilihat pada kode program 3.4:

Tampilan dari *Fuzzy Logic Relationship* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



```

from pyFTS.common import FLR

patterns = FLR.generate_non_recurrent_firs(fuzzyfied)

print([str(k) for k in patterns])

, 'A25 -> A27', 'A27 -> A28', 'A28 -> A30', 'A30 -> A32', 'A32 -> A34', 'A34 -> A37', 'A37 -> A38', 'A38 -> A40', 'A40 -> A42', 'A42 -> A44', 'A44 -> A4

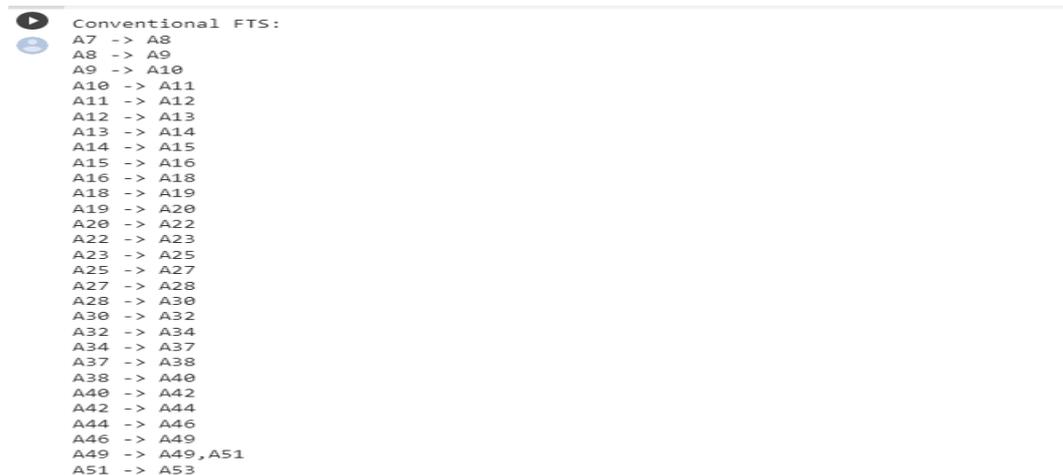
```

**Gambar 4.5** Hasil FLR

#### 4.1.3.4 Proses *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Setelah melakukan tahapan keterhubungan antar data historis, kemudian melakukan proses pengelompokan data sesuai dengan *relasi* antar data pada FLR. Untuk melakukan perintah yang dijalankan agar bisa melakukan proses *Fuzzy Logic Relationship Group* bisa dilihat pada kode program 3.5:

Tampilan dari *Fuzzy Logic Relationship Group* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



```

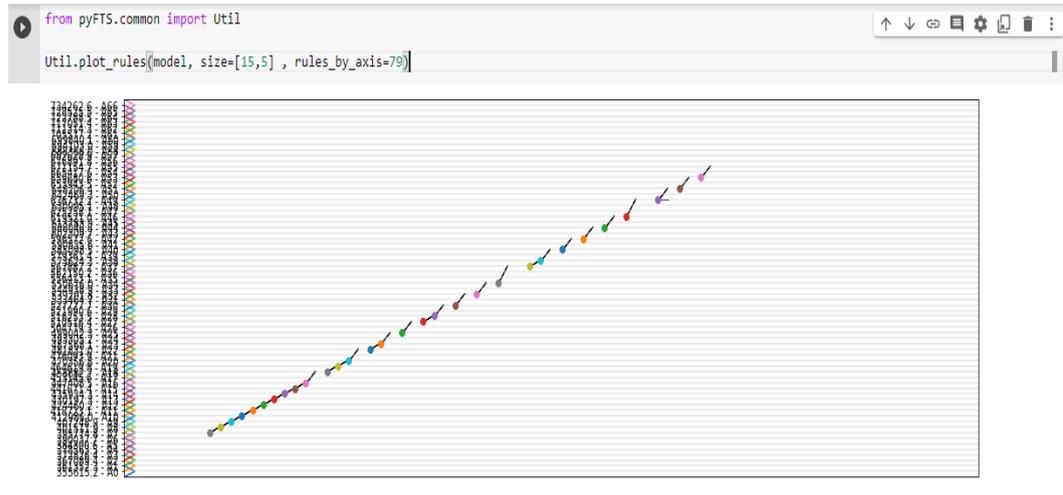
Conventional FTS:
A7 -> A8
A8 -> A9
A9 -> A10
A10 -> A11
A11 -> A12
A12 -> A13
A13 -> A14
A14 -> A15
A15 -> A16
A16 -> A18
A18 -> A19
A19 -> A20
A20 -> A22
A22 -> A23
A23 -> A25
A25 -> A27
A27 -> A28
A28 -> A30
A30 -> A32
A32 -> A34
A34 -> A37
A37 -> A38
A38 -> A40
A40 -> A42
A42 -> A44
A44 -> A46
A46 -> A49
A49 -> A49, A51
A51 -> A53

```

**Gambar 4.6** *Fuzzy Logic Relationship Group*

Tampilan dari *Fuzzy Logic Relationship Group* bisa dilihat bentuk percabangan pada *tools* PyFts ini dengan menjalankan perintah bisa dilihat pada kode program 3.6:

Tampilan hasil dari *Fuzzy Logic Relationship Group* dengan bentuk percabangan dapat dilihat pada Gambar 4.7.

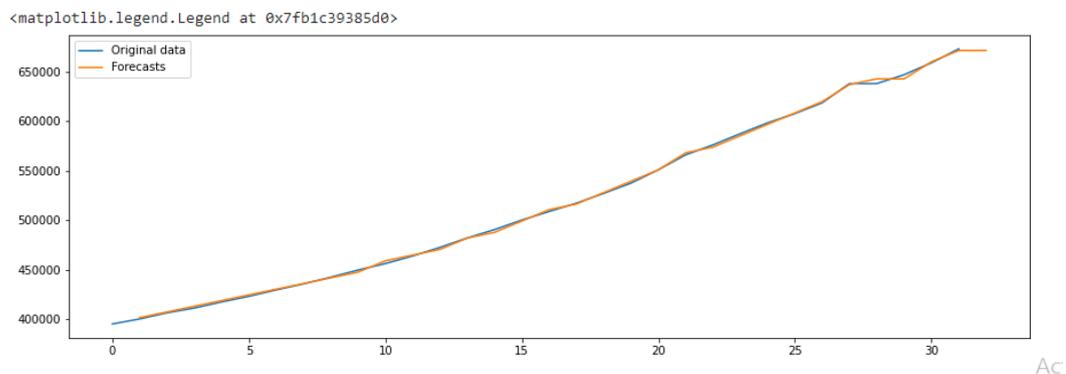


**Gambar 4.7** FLRG

#### 4.1.3.5 Proses Defuzzifikasi

Pada tahapan defuzzifikasi ini adalah proses terakhir dalam melakukan prediksi menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. *Tools* PyFts melakukan proses ini di dalam sistem, kemudian pengguna hanya dapat melihat hasil dari defuzzifikasi tersebut. Hasil dari prediksi jumlah penduduk berbentuk grafik. Cara agar bisa melakukan proses defuzzifikasi dengan menjalankan perintah bisa dilihat pada kode program 3.7:

Tampilan hasil dari defuzzifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Defuzzifikasi

## 42 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dari prediksi ini akan diuji dengan cara menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Perhitungan MAPE adalah dengan membandingkan hasil prediksi dengan data aktual atau yang sebenarnya sehingga akan didapatkan nilai *error* dari hasil prediksi tersebut. Semakin kecil nilai error yang dihasilkan maka semakin baik pula tingkat akurasi dari hasil prediksi tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan menilai seberapa besar tingkat akurasi hasil dari prediksi dari perhitungan yang telah dirancang. Berikut rata-rata persentase MAPE dari hasil pengujian seluruh data dengan variasi *margin* yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** hasil prediksi

Tahun	Data	<i>Forecasted</i>
1990	395128	-
1991	400191	401566
1992	406354	406015
1993	411195	410464
1994	417339	419362
1995	423017	423810
1996	429443	428259
Tahun	Data	<i>Forecasted</i>
1997	435563	437157
1998	442352	441606
1999	449533	450503
2000	456081	454952
2001	463735	463849
2002	472389	472747
2003	481911	481645
2004	490372	490542

2005	500017	499440
2006	508658	508337
2007	517071	517235
2008	526945	526133
2009	537319	539479
2010	550764	552825
2011	565856	566172
2012	575843	575069
2013	587169	588416
2014	598097	597313
2015	607438	606211
2016	618338	619557
2017	627021	637352
2018	637723	641801
2019	646661	641801
2020	658685	659596
2021	672727	672943

Langkah yang akan digunakan untuk meningkatkan hasil akurasi prediksi yaitu dengan berbagai macam cara, yang salah satu caranya adalah dengan memanipulasi *Universe of Discourse* (U) atau himpunan semesta. Cara ini akan dilakukan dengan pengujian yang akan dijelaskan pada hasil uji.

## 4.2 Hasil uji

Perhitungan *Fuzzy Time Series* dengan menggunakan nilai U 0% menghasilkan prediksi yang belum akurat, dengan demikian akan dilakukan proses manipulasi pada nilai U yang akan dilakukan pengujian mulai dari 0% hingga 10%.

### 4.2.1 Hasil Uji Himpunan Semesta

Untuk pengujian yang akan dilakukan dengan prediksi jumlah penduduk

yaitu menggunakan data dari *time series* dalam periode 32 tahun, dengan total data yang digunakan sebanyak 32 data historis. Data yang digunakan mulai dari 1990 sampai dengan 2021. Dari data prediksi jumlah penduduk yang menggunakan metode *Fuzzy Time Series* dalam menggunakan perubahan pada nilai nilai batas atas ( $D_{max}$ ) dan nilai batas bawah ( $D_{min}$ ) mendapatkan hasil yang berbeda, pembagian panjang interval juga mempengaruhi dalam mendapatkan hasil prediksi yang berbeda-beda. Hasil dari nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada pengujian dari 0% hingga 10% dirangkum di dalam Tabel 4.3.

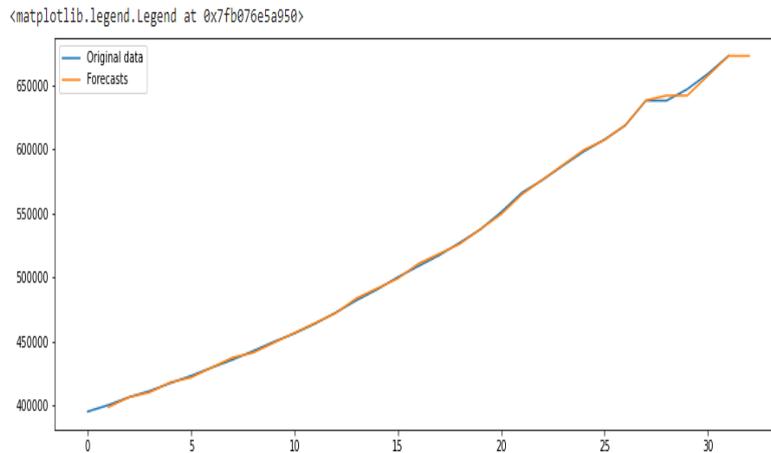
**Tabel 4.3** Hasil prediksi data 32 tahun

Persentase (%)	Jumlah Interval	Hasil MAPE (%)
0	62	0,2688
1	64	0,3221
2	67	0,2575
3	69	0,2303
4	72	0,2075
5	74	0,2663
6	76	0,2431
7	79	0,2139
8	81	0,2374
9	83	0,2064
10	86	0,2181

Pada pengujian kali ini menggunakan perubahan pada nilai  $U$  batas atas ( $D_{max}$ ) dan nilai batas bawah ( $D_{min}$ ) mulai dari 0% sampai dengan 10% dan didapat nilai yang terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.3 dengan hasil terbaik pada 9% dengan jumlah interval sebanyak 84. Pengujian dilakukan dengan melihat skor dari *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Pada hasil dari pengujian yang terbaik berada pada nilai  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  di 9% dengan nilai MAPE sebesar 0,2064%, diperoleh nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,7936%. Sedangkan hasil pengujian MAPE jika  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  1% mendapatkan hasil MAPE sebesar 0,3221%, sehingga nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,6779%. Berikut ini grafik perbandingan hasil prediksi dari pengujian

menggunakan data 5 tahun yang dapat dilihat pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Grafik Hasil Prediksi Data 32 Tahun U 9%

Pada Gambar 4.9 bisa dilihat hasil perbedaan dari data historis dengan hasil prediksi yang dibedakan oleh warna dalam grafik gambar tersebut. Hasil prediksi dengan menaikkan nilai U sebesar 9% membuat hasil dari prediksi akan menjadi lebih baik dari data historis pada pada Gambar 4.8.

#### 4.2.2 Hasil Uji Data Tahunan

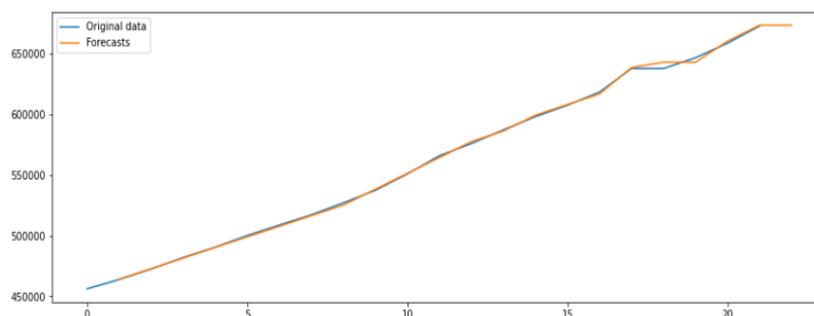
Selain melakukan pengujian dari data historis 32 tahun, maka dilakukan pula pengujian prediksi tahunan yang menggunakan uji data 22 tahun dan 12 tahun. Berdasarkan penyelenggaraan dari BPS (Badan Pusat Statitika) setiap sepuluh tahun sekali dengan tujuan untuk memuktahir data secara menyeluruh. Sesuai dengan yang di amanatkan Undang-Undang Nomor 16 tahun 1997 tentang statistik, BPS bertugas untuk menyediakan data statistik dasar. Termasuk didalamnya adalah penyelenggaraan sensus yang dilaksanakan setiap sepuluh tahun sekali. Berikut ini adalah dari tabel hasil pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan data historis 22 tahun.

**Tabel 4.4** Hasil prediksi data 22 tahun

Persentase (%)	Jumlah Interval	Hasil MAPE (%)
0	42	0,2963
1	44	0,3220
2	46	0,3043
3	49	0,2629
4	51	0,2254
5	53	0,2568
6	55	0,2393
7	57	0,3049
8	60	0,2175
9	62	0,2561
10	64	0,2578

Pada pengujian dengan data historis 22 tahun pada periode tahun 2000 sampai dengan tahun 2021 yang telah dilakukan perubahan pada nilai  $U$  batas atas ( $D_{max}$ ) dan nilai batas bawah ( $D_{min}$ ) mulai dari 0% sampai dengan 10% dan didapat nilai yang terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.4 dengan hasil terbaik pada 8%. Pengujian ini dilakukan dengan melihat skor dari *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Pada hasil pengujian terbaik berada pada nilai  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  di 8% dengan nilai MAPE sebesar 0,2175%, sehingga diperoleh nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,7825%. Sedangkan pada hasil pengujian MAPE jika  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  1% mendapatkan hasil MAPE sebesar 0,3220%, sehingga nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,6680%. Berikut ini grafik perbandingan hasil prediksi dari pengujian menggunakan data 4 tahun yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.

**Gambar 4.10** Grafik Prediksi Data 22 Tahun  $U$  8%

Pada Gambar 4.10 bisa dilihat bahwa perbandingan antara grafik data historis berwarna biru dengan data prediksi berwarna oren.

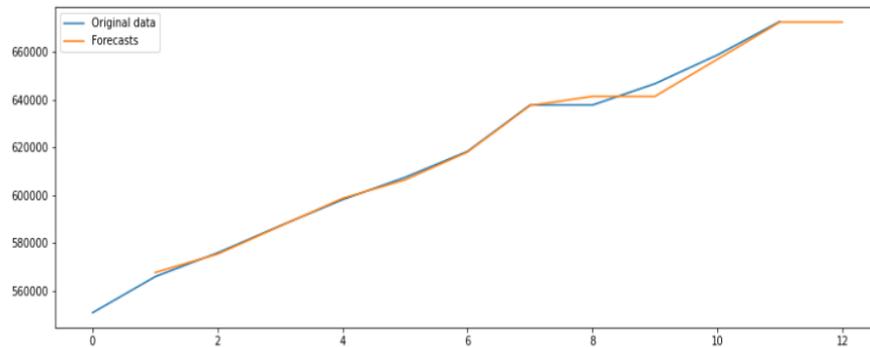
Pada pengujian terakhir ini akan dilakukan dengan menguji prediksi dengan menggunakan data historis sebanyak 12 tahun mulai dari periode tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Hasil prediksi data 12 tahun

Persentase (%)	Jumlah Interval	Hasil MAPE (%)
0	22	0,3772
1	24	0,3710
2	26	0,3439
3	36	0,3127
4	31	0,3617
5	33	0,2641
6	35	0,3167
7	37	0,2461
8	40	0,2462
9	42	0,2468
10	44	0,2237

Pada pengujian dengan data historis 12 tahun pada periode tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 yang telah dilakukan perubahan pada nilai  $U$  batas atas ( $D_{max}$ ) dan nilai batas bawah ( $D_{min}$ ) mulai dari 0% sampai dengan 10% dan didapat nilai yang terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.5 dengan hasil terbaik pada 10%. Pengujian ini dilakukan dengan melihat skor dari *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Pada hasil pengujian terbaik berada pada nilai  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  di 10% dengan nilai MAPE sebesar 0,2237%, sehingga dapat diperoleh nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,7763%. Sedangkan hasil dari pengujian MAPE jika  $D_{max}$  dan  $D_{min}$  0% mendapatkan hasil MAPE sebesar 0,3772%, sehingga nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,6628%. Berikut ini adalah hasil perbandingan grafik prediksi dari pengujian menggunakan data 12 tahun yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Grafik Prediksi Data 12 Tahun U 10%

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat perbandingan antara grafik data historis berwarna biru dengan data prediksi berwarna oren. Jika dilihat bahwa pada grafik data historis dengan data prediksi tidak berbeda jauh dan tidak terdapat data yang berbeda dari data historis, hal ini yang menyebabkan tingkat *error* dengan pengujian MAPE menjadi 0,3772%, sehingga nilai akurasi atau ketepatan sebesar 99,6628%. Setelah itu rata-rata selisih antar data tiap tahunnya tidak terlalu besar, sehingga menghasilkan hasil prediksi yang lebih baik.

#### 4.2.3 Hasil Uji Prediksi Dan Data Aktual

Setelah menguji dengan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), ditambahkan pengujian dengan membandingkan data hasil prediksi dengan data historis. Data historis yang digunakan yaitu periode 1990 hingga periode 2021. Data perbandingan pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Pengujian Data Historis dengan Data Prediksi 32 tahun

Periode	Data Historis	Prediksi	Selisih Data	Persentase (%)
1990	395128	-	-	-
1991	400191	401566	1375	0.34%
1992	406354	406015	339	0.08%
1993	411195	410464	731	0.18%
1994	417339	419362	2023	0.48%
1995	423017	423810	793	0.19%
1996	429443	428259	1184	0.28%

1997	435563	437157	1594	0.37%
1998	442352	441606	746	0.17%
1999	449533	450503	970	0.22%
2000	456081	454952	1129	0.25%
2001	463735	463849	114	0.02%
2002	472389	472747	358	0.08%
2003	481911	481645	266	0.06%
2004	490372	490542	170	0.03%
2005	500017	499440	577	0.12%
2006	508658	508337	321	0.06%
2007	517071	517235	164	0.03%
2008	526945	526133	812	0.15%
2009	537319	539479	2160	0.40%
2010	550764	552825	2061	0.37%
2011	565856	566172	316	0.06%
2012	575843	575069	774	0.13%
2013	587169	588416	1247	0.21%
2014	598097	597313	784	0.13%
2015	607438	606211	1227	0.20%
2016	618338	619557	1219	0.20%
2017	627021	637352	10331	1.65%
2018	637723	641801	4078	0.64%
2019	646661	641801	4860	0.75%
2020	658685	659596	911	0.14%
2021	672727	672943	216	0.03%

Hasil dari pengujian dengan membandingkan antara data prediksi dengan menggunakan data historis periode 1990 sampai dengan periode 2021 Tabel 4.6 menunjukkan hasil prediksi jumlah penduduk tahun 2021 adalah 672.943 dengan selisih data 216 didapatkan hasil akurasi 0,03%.

Pengujian yang dilakukan dengan membandingkan data historis tahun 2000 sampai dengan 2021 dengan data prediksi dilakukan dengan menambahkan nilai pada batas atas (Dmax) dan batas bawah (Dmin) sebesar 8%, hasil pengujiannya

dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Pengujian Data Historis dengan Data Prediksi 22 tahun

Periode	Data Historis	Prediksi	Selisih Data	Persentase (%)
2000	456081	-	-	-
2001	463735	464017	282	0.06%
2002	472389	472744	355	0.08%
2003	481911	481470	441	0.09%
2004	490372	490197	175	0.04%
2005	500017	498924	1093	0.22%
2006	508658	507650	1008	0.20%
2007	517071	516377	694	0.13%
2008	526945	525103	1842	0.35%
2009	537319	538193	874	0.16%
2010	550764	551283	519	0.09%
2011	565856	564373	1483	0.26%
2012	575843	577463	1620	0.28%
2013	587169	586190	979	0.17%
2014	598097	599280	1183	0.20%
2015	607438	608006	568	0.09%
2016	618338	616733	1605	0.26%
2017	627021	638549	11528	1.84%
2018	637723	642913	5190	0.81%
2019	646661	642913	3748	0.58%
2020	658685	660366	1681	0.26%
2021	672727	673456	729	0.11%

Pada hasil pengujian dengan membandingkan antara data prediksi dengan menggunakan data historis tahun 2000 sampai dengan 2021 selama 22 tahun ada Tabel 4.7 menunjukkan data hasil prediksi terbaik terdapat pada tahun 2004 dengan selisih data 175 sehingga mendapatkan akurasi 99,6%. Sedangkan prediksi dengan hasil terburuk pada tahun 2017 dengan selisih data 11.528 sehingga mendapatkan akurasi 98,16%.

Pengujian yang dilakukan dengan membandingkan data historis tahun 2010 sampai dengan 2021 dengan data prediksi dilakukan dengan menambahkan nilai pada batas atas (Dmax) dan batas bawah (Dmin) sebesar 10%, hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

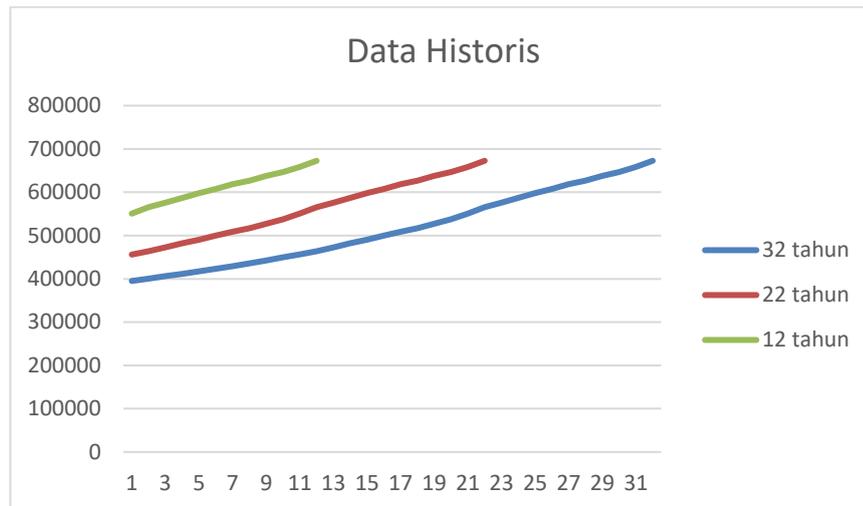
**Tabel 4.8** Pengujian Data Historis dengan Data Prediksi 12 tahun

Periode	Data Historis	Prediksi	Selisih Data	Persentase (%)
2010	550764	-	-	-
2011	565856	567574	1718	0.30%
2012	575843	575343	500	0.09%
2013	587169	586995	174	0.03%
2014	598097	598648	551	0.09%
2015	607438	606416	1022	0.17%
2016	618338	618068	270	0.04%
2017	627021	637489	10468	1.67%
2018	637723	641373	3650	0.57%
2019	646661	641373	5288	0.82%
2020	658685	656910	1775	0.27%
2021	672727	672447	280	0.04%

Pada hasil pengujian dengan membandingkan antara data prediksi dengan menggunakan data historis tahun 2010 sampai dengan 2021 selama 12 tahun ada Tabel 4.8 menunjukkan data hasil prediksi terbaik terdapat pada tahun 2013 dengan selisih data 174 sehingga mendapatkan akurasi 99,7%. Sedangkan prediksi dengan hasil terburuk pada tahun 2017 dengan selisih data 10.468 sehingga mendapatkan akurasi 98,33%.

#### 4.2.4 Analisis Data Historis

Analisis historis ini dilakukan guna untuk menganalisa faktor yang mempengaruhi didalam memprediksi, untuk melihat hal yang mempengaruhi prediksi dilakukan analisa data historis menggunakan grafik yang disajikan pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Grafik Data Historis Tahunan

Pada gambar 4.12 merupakan grafik data historis selama 32 tahun mulai dari 32 data dari tahun 1990 sampai dengan 2021, 22 tahun dari 2000 sampai dengan 2021, tahun 2010 sampai dengan 2021. Data 32 berwarna biru tua, 22 tahun berwarna merah, 12 tahun berwarna hijau. Data historis tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh pada setiap tahunnya dari periode tahun 1990 sampai dengan 2021. Grafik yang cenderung stabil dan akan naik terus pada setiap tahunnya dari periode tahun 1990 sampai dengan periode tahun 2021, tetapi sedikit turun selesih data nya di tahun 2020, hal ini dikarenakan adanya wabah covid 19.

### 4.3 Analisis Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian yang sudah digunakan untuk program dengan menggunakan berbagai periode waktu dan data aktual, dapat disimpulkan jumlah data sangat dapat mempengaruhi hasil dari tingkat keakuratan dari hasil prediksi yang sudah dilakukan dengan data. Berdasarkan dari hasil tersebut, maka hasil dari analisis terhadap hasil pengujian sebagai berikut:

1. Banyaknya dari jumlah data yang digunakan memberikan pengaruh besar pada hasil peramalan. Dengan data yang digunakan untuk menganalisa, menghitung dan menentukan pola data yang kemudian digunakan untuk peramalan.
2. Peramalan data dari jumlah penduduk, dengan menggunakan data

keseluruhan dengan 32 data dari periode tahun 1990 sampai dengan 2021 adalah 0,2453%

3. *Metode fuzzy Time Series* memiliki nilai akurasi lebih tinggi saat digunakan pada peramalan data yang memiliki pola tren dari pada pola abstrak.
4. Setelah melakukan pengujian pada periode tahun 1990 sampai dengan tahun 2021 dengan menggunakan banyak 12 data, 22 data dan 32 data, didapatkan hasil yang baik pada *Universe of Discourse* (U) atau himpunan semesta yang terbaik pada data 32 tahun adalah 9%, pada data 22 tahun hasil terbaik adalah 8%, dan pada data 12 hasil terbaik adalah 10%.
5. Hasil terbaik pada pengujian dari data 32 tahun, 22 dan 12 tahun terdapat pada data 32 tahun yaitu dengan tingkat akurasi 99,7936%.
6. Berdasarkan hasil uji prediksi dengan data historis jumlah penduduk tahun 2021 dengan menggunakan data 32 tahun adalah 672.943 dengan selisih data 216 didapatkan hasil akurasi 0,03%, dengan menggunakan data 22 tahun adalah 673.456 dengan selisih data 729 didapatkan hasil akurasi 0,11%, dan dengan menggunakan data data 12 tahun adalah 672.447 dengan selisih data 280 didapatkan hasil akurasi 0,04%.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil analisis dan pengujian terhadap prediksi jumlah penduduk dengan menggunakan *fuzzy time series*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah penduduk tahun 2021 adalah 672.943 dengan selisih data 216 dengan persentase 0,03%.
2. Hasil prediksi dari jumlah penduduk dapat digunakan untuk rencana pembangunan agar relevan dengan rencana tersebut. Selain itu juga pada segi perekonomian, pendidikan, kesehatan dan sebagainya.
3. Dengan margin 9% batas bawah dan batas atas pada data 32 tahun menghasilkan rata-rata *error* terkecil adalah 0,2064% dengan tingkat akurasi 99,7963% dengan demikian rancangan ini bisa di terapkan pada prediksi jumlah penduduk.

#### **5.2 Saran**

Ada pun hal-hal yang peneliti sarankan dalam penambahan atau pengembangan penelitian metode *Fuzzy Time Series* jumlah penduduk ini agar menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Prediksi jumlah penduduk menggunakan *Fuzzy Time Series* ini dapat dikolabrasikan atau dikembangkan dengan dengan metode lainnya sehingga mendapatkan nilai yang jauh lebih akurat lagi
2. Prediksi Jumlah Penduduk menggunakan *Fuzzy Time Series* dapat ditambahkan dengan metode lain yang bisa menentukan jumlah interval baik. Sehingga dapat meningkatkan nilai prediksi dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, S. M. 1996. *Forecasting enrollments based on fuzzy time series*. Fuzzy Sets and Systems Vol. 81.
- 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 Systems with Applications Vol. 34.
- Desmonda, D, 2018. *Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series*. Pontianak, *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)* Vol. 6 No. 4
- Elfajar, A. B. 2017. *Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series*. Malang, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JPTIIK)* Vol. 1 No.2
- Fahmi, T., Sudarno, dan Wilandari, Y. 2013. *Perbandingan Metode Eksponensial Tunggal dan Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan*. *Jurnal Gaussian*, 2.
- Heizer, J. & Render, B. 2005. *Operation Management, 7th Edition*. Jakarta : PenerbitSalembaEmpat.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Edisi 1, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. 2002. *Analisis Desain Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Makridakis, S., Steven, C., Wheelwright, V.E., & McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 2*. Jakarta : Binarupa Aksara.

- Mubarak, R. 2020. *Prediksi Hasil Tangkap Ikan Menggunakan Fuzzy Time Series. Pontianak, Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN) Vol. 8 No. 6*
- Muhammad, R. R. 2020. *Implementasi Fuzzy Time Series Pada Prediksi Jumlah Penjualan Rumah (JUSTIN) Vol. 8 No. 4*
- Novi, A. P. 2017. *Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Fuzzy Time Series Model Chen. Tanjung Pinang : Universitas Maritim Raja Ali Haji.*
- Permana, D. P. & Bettiza, M & Uperiati, A. 2005. *Prediksi Jumlah Penduduk Dengan Menggunakan Single Exponential Smoothing Tanjung pinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji*
- Saleh, M N. 2017. *Implementasi Peramalan Menggunakan Aplikasi Helpdesk Inventaris Perangkat Teknologi Informasi. Pontianak, Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN) Vol. 5 No.2*
- Sungkawa, I. & Tri Megasari, R. 2011. *Penerapan Ketepatan Nilai Ramalan Data Deret Waktu Dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT Satriamandiri Citramulia. Palmerah, Computer, Mathematics and Engineering Applications (ComTech) Vol. 2 No. 2.*





