

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API
MEDAN – KUALANAMU DENGAN METODE *TIME
INVARIANT FUZZY TIME SERIES***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Matematika

PAUZIAH NASUTION

NIM. 0703163066



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG KERETA API
MEDAN – KUALANAMU DENGAN METODE *TIME
INVARIANT FUZZY TIME SERIES***

SKRIPSI

PAUZIAH NASUTION

NIM. 0703163066



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama : Pauziah Nasution

Nomor Induk Mahasiswa : 0703163066

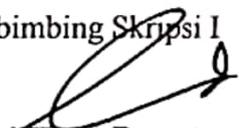
Program Studi : Matematika

Judu : Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api
Medan-Kualanamu Dengan Metode Time Invariant
Fuzzy Time Series.

Dapat disetujui untuk segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

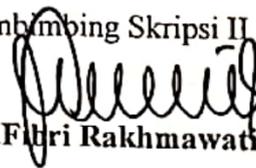
Disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi I


Nurul Huda Prasetya, MA

NIP. 196709182000031002

Pembimbing Skripsi II


Dr. Fitri Rakhmawati, M. Si

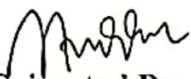
NIDN. 2011028002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan


Dr. Sajaratud Dur, MT

NIDN. 2013107302



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235

Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683

Uri: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

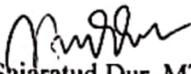
Nomor: B 059/ST/ST.V.2/PP.01.1/03/2021

Judul : Peramalan Jumlah Penumpang Kereta API Medan-Kualanamu
Dengan Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*
Nama : Pauziah Nasution
Nomor Induk Mahasiswa : 0703163066
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

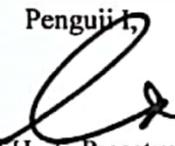
Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Selasa, 29 Desember 2020
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

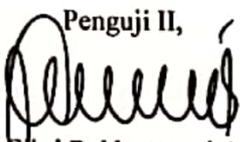
Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,


Dr. Sajaratud Dur, MT
NIDN. 2013107302
Dewan Penguji,

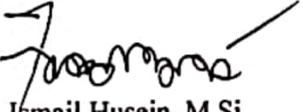
Penguji I,


Nurul Huda Prasetya MA
NIDN. 2018096703

Penguji II,


Dr. Fibri Rakhmawati, M. Si
NIDN. 211028002

Penguji III,


Dr. Ismail Husein, M.Si
NIDN. 2022049101

Penguji IV,


Dr. Riri Syahri Lubis, M.Si.
NIDN. 2013078401

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd. Syahnan, MA
NIP. 196609051991031002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pauziah Nasution

NIM : 0703163066

Prodi : Matematika

Judul : Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu
dengan Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*.

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing – masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Hormat Saya



Pauziah Nasution
NIM. 0703163066



ABSTRAK

Peramalan adalah penggunaan data masa lalu dari sebuah variabel atau kumpulan variabel untuk mengestimasi nilainya dimasa yang akan datang untuk melakukan peramalan diperlukan model peramalan. Peramalan untuk mengetahui kenaikan atau justru mengalami penurunan untuk keberangkatan Medan – Kualanamu untuk beberapa tahun kedepan. Logika *fuzzy* memiliki banyak nilai (*multivalued value*) yang dapat mendefenisikan nilai yang ada di antara variable konvensional misalnya iya atau tidak, benar atau salah, dan putih atau hitam. Maka nilai yang di hasilkan oleh logika *fuzzy* adalah bukan ya yang bernilai 1, dan tidak bernilai 0. *Time series* adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu, untuk menggambarkan perkembangan suatu kegiatan. Dari kasus peramalan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu maka penulis akan menggunakan metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*. Berdasarkan penelitian diperoleh peramalan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun 2021 adalah 182.874,9; dan 2022 adalah 266.527.510,6 dengan AFER adalah 2,5%.

Kata Kunci: Peramalan menggunakan metode *Time Invariant Fuzzy Time Series* Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu.

ABSTRACT

Forecasting is the use of past data from a variable or a collection of variables to estimate its value in the future. For forecasting, a forecasting model is needed. Forecasting to find out the increase or even decrease for the departure of Medan - Kualanamu for the next few years. Fuzzy logic has many values (multivalued value) that can define the values that exist between conventional variables, for example yes or no, true or false, and white or black. Then the value generated by fuzzy logic is not yes, which has a value of 1, and is not worth 0. Time series is data that is collected from time to time, to describe the development of an activity. From the case of forecasting the number of passengers of the Medan-Kualanamu Train, the author will use the Time Invariant Fuzzy Time Series method. Based on the research, it is obtained that the forecasting of the number of passengers of the Medan-Kualanamu / Kualanamu-Medan train in 2021 is 182,874.9; and 2022 is 266,527,510.6 with AFER is 2,5%.

Keywords: Forecasting using the Time Invariant Fuzzy Time Series method, the number of passengers on the Medan-Kualanamu train.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas rahmat Allah SWT yang telah memberikan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Fakultas Sains dan Teknologi Prodi Matematika UIN Sumatera Utara Medan.

Dalam kesempatan ini, penulis banyak menerima bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari segala pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada yang tersayang Ayahanda Muhammad Jalal Nasution dan Ibunda Nur Aini Lubis yang telah membesarkan, mendidik, membimbing, melindungi, memberikan semangat yang tinggi dan selalu memberikan dukungan kepada penulis, motivasi untuk terus berkarya, dan doa yang tidak pernah putus.
2. Bapak Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A. selaku Rektor UIN Sumatera Utara Medan.
3. Bapak Dr. Mhd. Syahnan, M.A. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.
4. Ibu Dr, Sajaratud Dur, M.T. selaku Ketua Prodi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.
5. Bapak Hendra Cipta, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.
6. Ibu Rima Aprilia, M.Si sebagai Penasehat Akademik yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam pengajuan judul proposal skripsi.
7. Bapak Nurul Huda Prasetya, MA. selaku Pembimbing I yang membimbing penulis dalam melaksanakan penelitian skripsi.
8. Ibu Fibri Rakhmawati, M. Si. selaku Pembimbing II yang membimbing penulis dalam melaksanakan penelitian skripsi.

9. Ibu Rina Widayarsi, S.Si, M.Si. selaku dosen konsentrasi OR yang telah memberikan bimbingan dan arahan sebelum mengajukan judul penelitian skripsi ke Prodi Matematika.
10. Bapak/Ibu Dosen dan para staff pengajar di UIN Sumatera Utara Medan yang telah memberikan pendidikan dan pengetahuan kepada penulis.
11. Kepada 9 kakak saya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dan adik-adik saya Rahmat Kurnia Nasution dan Muhammad Syafii Nasution yang juga turut membantu menjadi motivator dan penyemangat untuk penelitian skripsi ini.
12. Kepada seluruh teman-teman prodi matematika stambuk 2016 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini

Akhirnya kepada semua pihak yang membantu penulisan proposal skripsi, penulis mengucapkan terima kasih dan hanya Allah SWT yang dapat memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 08 Juli 2020

Penulis



Pauziah Nasution

NIM. 0703163066

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PRNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Peramalan.....	6
2.1.1 Metode peramalan <i>Time Series</i>	6
2.1.2 Metode peramalan regresi.	7
2.2 Kereta Api.....	9
2.2.1 Jadwal Keberangkatan dan Kedatangan Kereta Api Medan- Kualanamu	9
2.2.2 Harga Tiket Kereta Api Medan-Kualanamu.....	12
2.3 Logika <i>Fuzzy</i>	12
2.3.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	14
2.4 <i>Time Series</i> (Data Berkala)	15
2.4.1 <i>Statistik Deskriptif</i>	16
2.4.2 Peramalan Data denga <i>Time Series</i>	16
2.4.3 Langkah-Langkah Metode <i>Fuzzy Time Series</i>	17
2.5 <i>Time Invariant Fuzzy Time Series</i>	18
2.6 <i>Average Forecasting Error Rate (AFER)</i>	19

2.7 Diagram Alir Metode <i>Time Invariant Fuzzy Time Series</i>	19
2.8 Kajian Alquran	23
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Jenis Data dan Sumber Data	25
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.4 Langkah-Langkah Analisis <i>Time Series</i>	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	
4.1 Hasil Penelitian.	28
4.2 Pembahasan.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	
5.1 Kesimpulan.	46
5.2 Saran.	46
DAFTAR PUSTAKA	47

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Table 4.1 Data Jumlah Penumpang Kereta Api Medan -Kualanamu/Kualanamu-Medan dari Tahun 2016-2020	28
Tabel 4.2 Variasi Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan dengan menggunakan spss dari tahun 2016-2020.....	29
Tabel 4.3 Interval <i>fuzzy</i> menggunakan kepadatan frekuensi.....	31
Tabel 4.4 Interval <i>fuzzy</i> menggunakan kepadatan frekuensi berdasarkan pembagian	32
Tabel 4.5 <i>Fuzzified</i> Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu serta Variasi	41
Tabel 4.6 Relasi himpunan <i>Fuzzy</i>	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamau/Kualanamu-Medan dari Tahun 2016-2020.....	29
---	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Peramalan adalah suatu kegiatan memprediksi atau memperkirakan yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan apa yang telah terjadi dimasa lalu dan masa sekarang. Pengertian lain yaitu suatu teknik analisa perhitungan yang akan di lakukan dengan pendekatan kualitatif ataupun kuantitatif untuk melakukan perkiraan peristiwa pada masa yang akan datang dengan penggunaan referensi data–data pada masa lalu.

Peramalan adalah penggunaan data masa lalu dari sebuah variable atau kumpulan variable untuk mengestimasi nilainya dimasa yang akan datang untuk melakukan peramalan diperlukan model peramalan. Peramalan untuk mengetahui kenaikan atau justru mengalami penurunan untuk keberangkatan Medan – Kualanamu untuk beberapa tahun kedepan. Tujuan utama proses peramalan adalah mengurangi ketidak pastian dan membuat perkiraan lebih baik dari pada apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Salah satu metode yang memiliki tingkat keakuratan yang tinggi berdasarkan nilai error yang mendekati 0% adalah metode *fuzzy*. (Aladag, 2012)

Logika *fuzzy* adalah metode yang dasarnya dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial intelligence*) yang dapat menirukan kemampuan manusia dalam berfikir kedalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Logika *Fuzzy* menginterpretasikan pernyataan yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis, (Aladag, 2012). Logika *fuzzy* memiliki banyak nilai (*multivalued value*) yang dapat mendefenisikan nilai yang ada di ntara variable konvensional misalnya iya atau tidak, benar atau salah, dan putih atau hitam. Maka nilai yang di hasilkan oleh logika *fuzzy* adalah bukan ya yang bernilai 1, dan tidak bernilai 0. Melainkan ada nilai diantara 0 sampai dengan 1 tersebut, (Kartikasari, 2019). Ada beberapa hal harus di ketahui dalam memahami sistem *Fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *fuzzy* yaitu suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu sistem.
2. Himpunan *fuzzy* yaitu suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Himpunan semesta yaitu keseluruhan nilai yang diperoleh untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.
4. Domain yaitu keseluruhan nilai yang diizinkan dalam himpunan semesta dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*, (Binaiya, 2019).

Peramalan dengan metode *fuzzy* untuk data runtun waktu dikenal sebagai *fuzzy time series*.

Time series adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu, untuk menggambarkan perkembangan suatu kegiatan. 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. Prediksi keadaan perdagangan dan ekonomi pada masa yang akan datang.
3. Perencanaan kegiatan dimasa yang akan datang, (Admirani, 2018).

Dalam peramalan ini penulis memilih untuk memprediksi jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu. Kereta Api adalah bentuk transportasi rel yang terdiri dari serangkaian kendaraan yang ditarik sepanjang jalur kereta api untuk mengangkut kargo atau penumpang. Stasiun ini mempunyai *check-in* untuk calon penumpang di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Layanan ini juga adalah yang pertama di seluruh Indonesia. Pada tanggal 8 Mei 2007, stasiun ini mendapat penghargaan Prima Utama dari Kemenhub untuk pelayanan unit transportasi public.

Kereta api *Airport Railink Services* Kualanamu (disingkat ARS Kualanamu) adalah layanan kereta api yang dioperasikan oleh Railink dengan rute Medan-Bandar Udara Internasional Kualanamu di Sumatra Utara, Indonesia.

Kereta api bandara ARS Kualanamu mulai beroperasi pada tanggal 25 Juli 2013 bersamaan dengan beroperasinya Bandar Udara Internasional Kualanamu. Railink merupakan perusahaan patungan antara Kereta Api Indonesia dan Angkasa Pura II (Persero). ARS Kualanamu saat ini memiliki frekuensi 20 kali PP perjalanan

dari Stasiun Medan ke Stasiun Bandara Kualanamu, berkapasitas 308 tempat duduk, dengan lama perjalanan 30 menit saat menuju bandara, dan 30-47 menit saat menuju Medan (kereta menuju bandara lebih cepat karena diprioritaskan dalam penggunaan rel tunggal dalam rute ini). Kereta api berangkat dan tiba di peron khusus kereta bandara di Stasiun Medan. Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu sekitar 750 penumpang perhari. (id.m.wikipedia.org)

Faktor – faktor penyebab naik – turunnya jumlah penumpang Kereta Api adalah kenyamanan Kereta Api eksklusif berupa kereta ber AC, *Reclining Seat*, Wi-Fi, layar audio visual, waktu, harga tiket, pelayanan.

Untuk memprediksi naik-turunnya jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu di masa depan dengan menggunakan proses perhitungan *Time Invariant* berdasarkan data yang ada di masa lalu dan sekarang. *Time invariant* adalah pergeseran waktu (penundaan, pemajuan, percepatan). *Time invariant* memiliki fungsi sistem tergantung waktu yang bukan merupakan fungsi waktu langsung. Fungsi sistem yang tergantung waktu adalah fungsi dari fungsi input yang tergantung waktu.

Fungsi output tergantung waktu $y(t)$, fungsi input $x(t)$, sistem akan di anggap invariant-waktu jika ada penundaan waktu pada input $x(t+\delta)$ langsung menyamakan dengan penndaan waktu output $y(t+\delta)$ fungsi. Misalnya kalau waktu t adalah “ waktu berlalu” maka “waktu-invarian” menyariatkan bahwa hubungan antara fungsi input $x(t)$ konstan sehubungan dengan waktu t : $y(t) = f(x(t), t) = f(x(t))$, (Jeng-Ren Hwang, 2000).

Dari kasus peramalan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu maka penulis akan menggunakan metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*. *Time Invariant Fuzzy Time Series* memiliki proses perhitungan yang sama seperti metode *fuzzy time series*, hanya saja metode *time invariant fuzzy time series* mempunyai dua aspek khusus, yaitu :

1. Variasi data historik lebih digunakan daripada data aktualnya.
2. Untuk memprediksi kejadian yang akan datang menggunakan perhitungan terhadap $R(t, t - 1)$, (Kartika, 2019).

Beberapa penelitian menerapkan metode *Fuzzy Time Series* yaitu diantaranya Tuti Hirani (2017) diperoleh nilai AFER sebesar 0,18%, Aria Bayu Elfajar dkk (2017) diperoleh nilai AFER sebesar 0,0056% dan Dwi Damara Kartikasari dkk (2019) diperoleh nilai AFER sebesar 17,59%,. Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian diatas maka dapat disimpulkan bahwa metode Fuzzy yang berbasis data time series memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan mampu menghasilkan ramalan yang baik yang diindikasikan dengan nilai AFER (Average Forecasting Error Rate) yang sangat kecil.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka penulis mengambil judul **Analisis Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Medan–Kualanamu dengan Metode *Time Invariant Fuzzy Time series*.**

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar naik – turun Jumlah Penumpang Kereta Api Medan - Kualanamu yang diperoleh dengan menggunakan metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan metode *time invariant fuzzy time series* sehingga dapat mengetahui kenaikan dan penurunan jumlah penumpang dalam menggunakan transportasi Kereta Api Medan-Kualanamu.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan data dari kantor PT Kereta Api Indonesia (Persero) Divisis Regional 1 Sumatera Utara. Data yang digunakan meliputi data bulanan selama Bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Mei 2020. Metode peramalan yang digunakan adalah metode *Time invariant Fuzzy Time Series*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti, sebagai sarana pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari dan untuk menambah wawasan penulis tentang metode *Time Invariant fuzzy time series*.
2. Bagi pembaca, dapat dijadikan referensi untuk melakukan penelitian tentang peramalan yang melibatkan metode *Time Invariant fuzzy time series*.
3. Bagi perusahaan terkait, hasil penelitian ini dapat membantu memberi masukan kepada perusahaan PT Kereta Api Indonesia (Persero) dalam meramalkan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan

Peramalan adalah suatu kegiatan memprediksi atau memperkirakan yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan apa yang telah terjadi dimasa lalu dan masa sekarang. Pengertian lain yaitu suatu teknik analisa perhitungan yang akan di lakukan dengan pendekatan kualitatif ataupun kuantitatif untuk melakukan perkiraan peristiwa pada masa yang akan datang dengan penggunaan referensi data–data pada masa lalu.

Untuk memprediksi hal tersebut diperlukan data yang akurat di masa lalu, sehingga dapat dilihat prospek situasi dan kondisi di masa yang akan datang. Pada umumnya kegunaan peramalan adalah sebagai berikut :

1. Sebagai alat bantu dalam perencanaan yang efektif dan efisien.
2. Untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa mendatang.
3. Untuk membuat keputusan yang tepat. Kegunaan peramalan terlihat pada suatu pengambilan keputusan, (Aladag, 2012)

Keputusan yang baik adalah keputusan yang didasarkan atas pertimbangan apa yang akan terjadi pada waktu keputusan dalam berbagai kegiatan perusahaan. Baik tidaknya hasil suatu penelitian sangat ditentukan oleh ketetapan ramalan yang dibuat. Walaupun demikian perlu diketahui bahwa ramalan selalu ada unsur kesalahannya, sehingga yang perlu diperhatikan adalah usaha untuk memperkecil kesalahan dari ramalan tersebut, terdapat dua jenis metode peramalan yang umum digunakan:

2.1.1 Metode peramalan *time series*

Data *Time Series* merupakan data historis yang di kumpulkan, dicatat atau diobservasi sepanjang waktu secara beruntu. Periode waktu observasi dapat berbentuk tahun, bulan, minggu dan dibeberapa kasus dapat juga di hari atau jam. Pada model ini peramalan nilai data masa depan dilakukan berdasarkan nilai data masa lalu. Tujuan metode ini adalah menemukan pola dalam deret

data historis dan memanfaatkan pola tersebut untuk peramalan masa depan, (Nasution, 2013).

2.1.2 Metode peramalan regresi

Model ini merupakan suatu model yang mengansumsikan factor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dalam suatu atau lebih variable bebas dan menggunakan untuk meramalkan nilai mendatang dari suatu variable tak bebas. Untuk suatu variable bebas model peramalan regresi dikenal dengan regresi sederhana, dan untuk dua atau lebih variable bebas model peramalan regresi dengan regresi berganda, (Nasution, 2013).

Kegunaan dari suatu peramalan dapat dilihat pada saat pengambilan keputusan. Keputusan yang baik adalah keputusan yang didasarkan oleh pertimbangan apa yang akan terjadi saat keputusan tersebut dilakukan. Apabila keputusan yang diambil kurang tepat sebaiknya keputusan tersebut tidak dilaksanakan. Oleh karena masalah pengambilan keputusan merupakan masalah yang dihadapi maka peramalan juga merupakan masalah yang harus dihadapi, karena peramalan berkaitan erat dengan pengambilan suatu keputusan, (Nugroho, 2016).

Metode Peramalan adalah suatu cara memperkirakan atau mengestimasi secara kuantitatif maupun kualitatif apa yang terjadi pada masa depan berdasarkan data yang relevan pada masa lalu.

Berdasarkan sifatnya teknik peramalan dibagi dalam 2 (dua) kategori utama yaitu :

1. Metode peramalan kualitatif atau tekhnologis

Peramalan kualitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Menurut Saryono (2010), Penelitian kualitatif merupakan penelitian yang digunakan untuk menyelidiki, menemukan, menggambarkan, dan menjelaskan kualitas atau keistimewaan dari pengaruh sosial yang tidak dapat dijelaskan, diukur atau digambarkan melalui pendekatan kuantitatif. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat

intuisi, pendapat dan pengetahuan dari orang yang menyusunnya. Metode kualitatif atau teknologis dapat dibagi menjadi metode eksploratoris dan normatif.

2. Metode peramalan kuantitatif

Peramalan kuantitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu.

Definisi penelitian kuantitatif menurut pendapat para ahli. Antara lain;

1. **Kasiram (2008)**, Pengertian penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang menggunakan proses data-data yang berupa angka sebagai alat menganalisis dan melakukan kajian penelitian, terutama mengenai apa yang sudah di teliti.
2. **Nana Sudjana dan Ibrahim (2001)**, definisi penelitian kuantitatif adalah penelitian yang didasari pada asumsi, kemudian ditentukan variabel, dan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan metode-metode penelitian yang valid, terutama dalam penelitian kuantitatif.
3. **Suriasumantri (2005)**, Arti penelitian kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan dengan kajian pemikiran yang sifatnya ilmiah. Kajian ini menggunakan proses *logico-hypothetico-verifikatif* pada langkah-langkah penelitian yang dilakukan.

Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Dengan metode yang berbeda akan diperoleh hasil peramalan yang berbeda. Baik tidaknya metode yang digunakan ditentukan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin kecil penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi berarti metode yang dipergunakan semakin baik. Metode kuantitatif dapat dibagi dalam deret berkala (*Time Series*) dan metode kausal. Peramalan kuantitatif dapat digunakan bila terdapat 3 (tiga) kondisi yaitu:

- a. Adanya informasi tentang masa lalu
- b. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data

- c. Informasi tersebut dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa yang akan datang, (Nugroho, 2016).

2.2 Kereta Api

Kereta Api adalah bentuk transportasi rel yang terdiri dari serangkaian kendaraan yang ditarik sepanjang jalur kereta api untuk mengangkut kargo atau penumpang stasiun kereta api terbesar yang berada dalam pengolahan PT Kereta Api Indonesia Divisi Regional Sumatera Utara dan Aceh, Setiap harinya melayani ribuan penumpang ke berbagai wilayah di Sumatera Utara.

Kereta api *Airport Railink Services* Kualanamu (disingkat ARS Kualanamu) adalah layanan kereta api yang dioperasikan oleh Railink dengan rute Medan-Bandar Udara Internasional Kualanamu di Sumatra Utara, Indonesia. Kereta api bandara ARS Kualanamu mulai beroperasi pada tanggal 25 Juli 2013 bersamaan dengan beroperasinya Bandar Udara Internasional Kualanamu. Railink merupakan perusahaan patungan antara Kereta Api Indonesia dan Angkasa Pura II (Persero). ARS Kualanamu saat ini memiliki frekuensi 20 kali PP perjalanan dari Stasiun Medan ke Stasiun Bandara Kualanamu, berkapasitas 308 tempat duduk, dengan lama perjalanan 30 menit saat menuju bandara, dan 30-47 menit saat menuju Medan (kereta menuju bandara lebih cepat karena diprioritaskan dalam penggunaan rel tunggal dalam rute ini). Kereta api berangkat dan tiba di peron khusus kereta bandara di Stasiun Medan. Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu sekitar 750 penumpang perhari.

2.2.1 Jadwal Keberangkatan dan kedatangan Kereta Api Medan-Kualanamu

Berikut ini info terkini Jadwal Kereta Api Bandara Kualanamu Medan-Kualanamu. KA Bandara yang menghubungkan Medan Kualanamu dan sebaliknya bisa menjadi transportasi andalan ke Bandara atau dari Bandara. Sarana yang digunakan adalah jenis KRD ARS Railink Kualanamu kelas eksekutif dengan kode K1, contoh K1 2 13 01-04 dan seterusnya. Rute KA

Bandara Kualanamu Medan mulai dari Medan, Bandar Klipah, Araskabu, Batangalis, Kualanamu.

A. Medan-Kualanamu

Nomor Kereta	Keberangkatan	Kedatangan
U2	04.00	04.28
U4	05.00	05.28
U6	06.00	06.28
U8	06.50	07.18
U10	07.35	08.03
U12	08.10	08.38
U14	08.50	09.18
U16	09.10	09.38
U18	09.40	10.08
U20	10.10	11.38
U22	10.50	11.18
U24	11.30	11.58
U26	12.00	12.28
U28	12.40	13.08
U30	13.25	13.53
U32	14.00	14.28
U34	14.35	15.03
U38	15.50	16.18
U40	16.30	16.58
U44	17.40	18.08
U44	18.20	18.48
U46	18.50	19.18
U48	19.20	19.48
U50	20.15	20.43

B. Kualanamu-Medan

Nomor Kereta	Keberangkatan	Kedatangan
U1	06.00	06.28
U3	06.50	07.18
U5	07.20	07.48
U7	08.00	08.28
U9	08.20	08.48
U11	08.55	09.23
U13	09.30	09.58
U15	10.00	10.28
U17	10.30	10.58
U19	11.10	11.38
U21	11.55	12.33
U23	12.30	12.58
U25	13.10	13.38
U27	13.45	14.13
U29	14.20	14.48
U31	15.00	15.28
U33	15.40	16.08
U37	17.10	17.38
U39	17.45	18.13
U41	18.35	19.03
U43	19.15	19.43
U45	20.00	20.28
U47	20.55	21.23
U49	22.45	23.13

Total ada 50 Jadwal Kereta Api Bandara Kualanamu Medan Kualanamu terbaru. Keberangkatan paling pagi dari Medan ke Kualanamu pada pukul 04.00, keberangkatan paling malam dari Medan ke Kualanamu 20.15. Sedangkan

keberangkatan paling pagi dari Kualanamu ke Medan 06.00, keberangkatan paling malam dari Kualanamu ke Medan 22.45. Waktu tempuh rata-rata Medan Kualanamu dan Kualanmau Medan 28 menit perjalanan, (id.m.wikipedia.org).

2.2.2 Harga Tiket Kereta Api Medan-Kualanamu

Harga Tiket KA Bandara Kualanamu terbaru Medan Kualanamu sebesar Rp 100.000. Tiket bisa dipesan melalui online reservation, melalui agen dan vending machine.

Tiket dapat dipesan mulai 30 hari (H-30) hingga 1 hari (H-1) sebelum jadwal keberangkatan KA Bandara melalui loket yang tersedia di Stasiun Kereta Api Bandara, Agen Tiket Kereta Api Bandara dan Internet Reservation. Untuk pemesanan tiket melalui internet reservation, pembayaran dapat dilakukan dengan menggunakan Kartu Kredit berlogo Visa atau Mastercard, Mandiri Clickpay, BNI Debit Online, dan sebagainya. Bisa juga pesan tiket melalui agen penjualan resmi, ada 11 Agen Resmi KA Bandara Kualanamu Medan Kualanamu. Pembelian Ticket Vending Machine dapat menerima Kartu Kredit, Kartu Kredit dan Kartu Pre-Paid/Pra-Bayar yang dikeluarkan oleh BNI, BRI, BCA, Bank Mandiri dan Bank Mega.

Pegipegi, salah satu agen perjalanan berbasis *online* di Indonesia, meluncurkan layanan terbaru, yakni pemesanan tiket Kereta Api Bandar Udara (Bandara) atau Railink yang melayani penumpang dari Kota Medan menuju Bandara Kualanamu dan sebaliknya, (id.m.wikipedia.org).

2.3 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Barkley dalam bidang ilmu komputer. Professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika *fuzzy* terletak pada

keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika *fuzzy*, keanggotaan elemen berada di interval $[0,1]$, (Jeng-Ren Hwang, 2000).

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

- a. Logika *fuzzy* memiliki konsep yang sangat sederhana sehingga mudah untuk dimengerti.
- b. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian.
- c. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
- d. Logika *fuzzy* mampu mensistemkan fungsi-fungsi non-linier yang sangat kompleks.
- e. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman atau pengetahuan dari para pakar.
- f. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- g. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Logika *fuzzy* memiliki beberapa komponen yang harus dipahami seperti himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan, operator pada himpunan *fuzzy*, inferensi *fuzzy* dan defuzzifikasi.

Logika *fuzzy* adalah metode yang dasarnya dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang dapat menirukan kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika *fuzzy* menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis, (Jeng-Ren Hwang, 2000).

2.3.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan perkembangan dari himpunan tegas. Himpunan tegas adalah himpunan yang nilai keanggotaan dari elemennya hanya mempunyai dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1; & \text{jika } x \in A \\ 0; & \text{jika } x \notin A \end{cases} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan μ_A adalah fungsi karakteristik dari himpunan. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* derajat keanggotaan untuk setiap elemennya terletak dalam interval $[0,1]$.

a. Definisi 1

Suatu himpunan *fuzzy* pada himpunan semesta U dapat dinyatakan dengan nilai fungsi keanggotaan pada interval $[0,1]$.

Suatu himpunan *fuzzy* A pada himpunan semesta U dapat dinyatakan dengan himpunan pasangan terurut elemen x dan nilai keanggotaannya (Wang, 1997: 22). Secara matematis pernyataan tersebut dapat ditulis dengan:

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in U\} \dots\dots\dots(2.2)$$

b. Definisi 2

Misalkan U adalah himpunan tak kosong. Himpunan *fuzzy* A di himpunan universal U didefinisikan dengan fungsi keanggotaan $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$ dan $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan dari elemen x pada himpunan *fuzzy* A untuk setiap $x \in U$.

Apabila suatu elemen x dalam suatu himpunan A memiliki derajat keanggotaan *fuzzy* 0 atau dapat ditulis $\mu_A(x) = 0$ artinya x bukan anggota himpunan A , dan jika memiliki derajat keanggotaan *fuzzy* 1 atau $\mu_A(x) = 1$ artinya x merupakan anggota penuh dari himpunan A .

2.4 *Time series* (Data Berkala)

Time series adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu, untuk menggambarkan perkembangan suatu kegiatan. Waktu yang digunakan dapat berupa hari minggu, bulan, tahun, catur wulan/triwulan dan sebagainya. Dengan demikian, data berkala berhubungan dengan data statistik yang dicatat dan diselidiki dalam batas-batas (*interval*) waktu tertentu, (Hamdani,2007). 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. Prediksi keadaan perdagangan dan ekonomi pada masa yang akan datang.
3. Perencanaan kegiatan dimasa yang akan datang, (Admirani, 2018).

Data masa lalu menjadi penting dalam memprediksi kondisi di masa yang akan datang karena dari penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan data masa lalu ternyata tidak sepenuhnya mempunyai pola gerakan yang acak. Gerakan data masa lalu dari waktu ke waktu mempunyai cirri-ciri tertentu yang biasa dijadikan sebagai dasar dalam melakukan analisis *forecasting*. Sampai batas-batas tertentu data masa lalu dari waktu ke waktu seakan-akan menunjukkan pola yang pasti, (Wahyuni,2011).

Secara garis besar pola gerakan data masa lalu dapat dibagi menjadi empat yaitu, Trend jangka panjang atau trend sekuler (*Seculer Trend*) merupakan pola gerakan data dalam jangka waktu yang panjang yang menunjukkan kecenderungan arah tertentu secara umum dengan lebih dari sepuluh periode waktu. Trend jangka panjang sering disebut dengan istilah trend saja. Arah trend yang mungkin terjadi adalah naik, turun atau horizontal.

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 ataupun 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.

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.

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.

2.4.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan kumpulan kegiatan yang mencakup tentang pengumpulan data, pengolahan, dan penyajian data dalam bentuk yang baik, (Santosa, 2007).

Uji normalitas data adalah dengan menggunakan analisa dari nilai skewness dan kurtosis data. Skewness dan kurtosis adalah ukuran yang lebih cenderung untuk melihat distribusi data secara grafik.

2.4.2 Peramalan Data dengan Time Series

Konsep *Fuzzy Time Series* yang diperkenalkan oleh Chen (1996), perbedaan antara *Fuzzy Time Series* (FTS) dengan konvesion Logika *Fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah metode yang dasarnya dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang dapat menirukan kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak

dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika *fuzzy* menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis.

Sal time series terletak pada data yang digunakan dalam ramalan. pada FTS, nilai yang digunakan merupakan himpunan *fuzzy* dari bilangan real atas himpunan semesta yang telah ditentukan. Maka bisa didefinisikan bahwa FTS merupakan metode yang penggunaan datanya berupa himpunan *fuzzy* yang berasal dari bilangan real atas himpunan semesta pada data aktual.

2.4.3 Langkah – Langkah Metode *Fuzzy Time Series*

Langkah-langkah metode *fuzzy time series* adalah sebagai berikut (Chen,1996):

1. Untuk menentukan himpunan semesta dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$[D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2] \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- a. D_{\min} merupakan nilai terkecil dari data historis
 - b. D_{\max} merupakan nilai terbesar dari data historis
 - c. D_1 merupakan bilangan positif sembarang
 - d. D_2 merupakan bilangan positif sembarang
2. Bagi himpunan semesta ke dalam interval dengan jumlah yang sama.
 3. Mendefinisikan *fuzzy set* dari himpunan semesta. gunakan $A_1, A_2, A_3, \dots, A_k$ untuk *fuzzy set* yang memiliki nilai linguistik sesuai dengan nilai yang ada pada himpunan semesta.

Lalu *fuzzy set* tersebut didefinisikan ke dalam persamaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m \\ A_2 &= a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m \dots\dots\dots(2.4) \end{aligned}$$

$$\dots = \dots + \dots + \dots + \dots$$

$$A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m$$

Dimana, $a_{ij} \in [0,1]$, $1 \leq i \leq k$ dan $1 \leq j \leq m$. Variabel a_{ij} menunjukkan derajat keanggotaan dari interval u_j dan *fuzzy set* A_i .

4. Memfuzzifikasikan Data Historik. Dalam tahap ini data aktual yang ada diidentifikasi menjadi suatu *fuzzy set*. Misalnya, apabila $F(t-1)$ memiliki nilai yang sesuai dengan *fuzzy set* A_k , maka $F(t_1)$ akan difuzzifikasi sebagai A_k .
5. Mengidentifikasi *Fuzzy Logic Relationship* (FLR). Cara mengidentifikasi FLR adalah apabila $F(t-1)$ difuzzifikasi sebagai A_i dan $F(t)$ difuzzifikasi sebagai A_j , maka *Fuzzy Logic Relationship* nya adalah $A_i \rightarrow A_j$. A_i adalah sisi kiri (*left side*) yang biasa disebut dengan *current state*, dan A_j adalah sisi kanan (*right side*) yang disebut *next state*.
6. Membangun *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Untuk mengidentifikasi *Fuzzy Logic Relationship Group* yaitu apabila terdapat FLR yang memiliki kesamaan pada sisi kiri (*left side*) yaitu sisi *current state*, maka sisi kanan dari FLR tersebut akan dikelompokkan sesuai dengan sisi kirinya.
7. Defuzzifikasi nilai prediksi dibagi berdasarkan:
 - a. Apabila hasil fuzzifikasi menunjukkan suatu data masuk kedalam *fuzzy set* A_i , dan hanya memiliki satu *Fuzzy Logic Relationship Group* saja ($A_i \rightarrow A_j$), maka nilai defuzzifikasi untuk data $N+1$ adalah m_j .
 - b. Apabila hasil fuzzifikasi menunjukkan suatu data masuk kedalam *fuzzy set* A_i dan A_i memiliki lebih dari *Fuzzy Logic Relationship Group* ($A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, \dots, A_{jn}$), maka nilai defuzzifikasi untuk data $N+1$ adalah $(m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jn}) / n$.
 - c. Apabila hasil fuzzifikasi menunjukkan suatu data masuk kedalam *fuzzy set* A_i , dan tidak memiliki satupun *Fuzzy Logic Relationship Group*, maka nilai defuzzifikasi untuk data $N+1$ adalah 0.

2.5 Time Invariant Fuzzy Time Series

Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series* memiliki proses perhitungan yang sama seperti *metode fuzzy time series*, hanya saja metode *Time Invariant Fuzzy Time Series* mempunyai dua aspek khusus, yaitu:

1. Variasi data historik lebih digunakan daripada data aktualnya.
2. Untuk memprediksi kejadian yang akan datang menggunakan perhitungan terhadap $R(t, t-1)$, (Jeng-Ren Hwang, 2000).

2.6 Menghitung Error Average Forecasting Error Rate (AFER)

Teknik dalam peramalan tidak selamanya mendapatkan hasil yang tepat karena metode yang digunakan dalam peramalan belum tentu sesuai dengan sifat datanya. Perlu adanya pengawasan peramalan data yang dapat diketahui sesuai atau tidak metode yang digunakan, (Jumingan, 2009).

Metode error Average Forecasting Error Rate (AFER) digunakan untuk mengetahui besarnya kesalahan yang terjadi pada hasil peramalan terhadap data aktual. Berikut merupakan persamaan tentang cara perhitungan AFER, (Jilani, 2007).

$$\text{AFER} = \left| \frac{\frac{A_i - F_i}{A_i}}{n \times 100\%} \right| \dots \dots \dots (2`5)$$

Keterangan:

A_i = Nilai yang sebenarnya pada data ke- i

F_i = Nilai hasil prediksi pada data ke- i

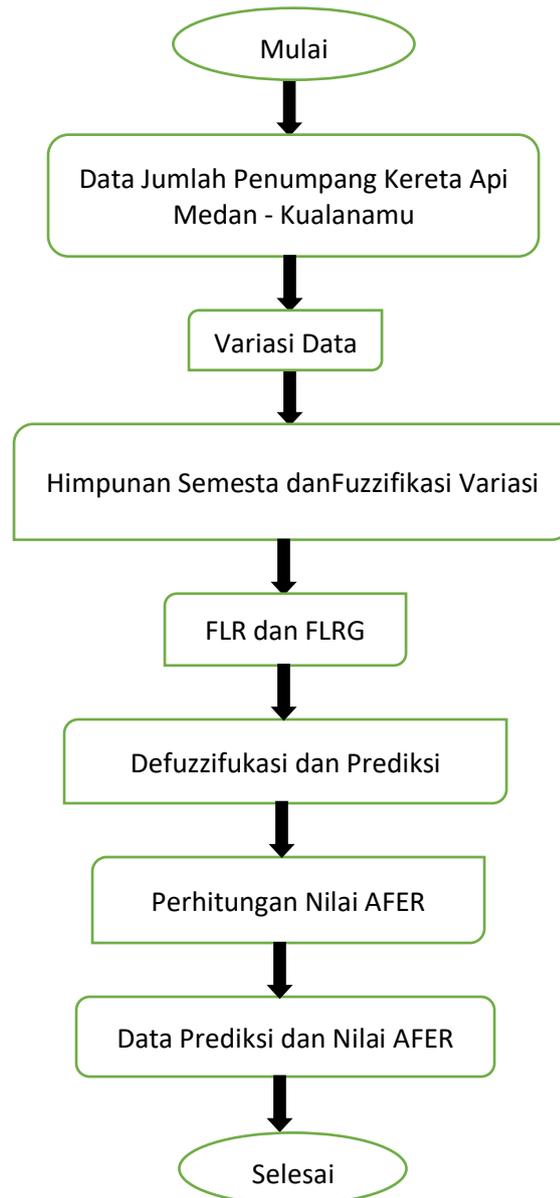
N = Banyaknya Data

Pada perhitungan AFER A_i merupakan nilai data aktual pada data ke- i dan F_i merupakan nilai hasil Peramalan untuk data ke- i . Adapun n merupakan banyaknya dari bilangan 100% merupakan nilai untuk mendapatkan hasil persentase. Nilai AFER adalah nilai yang menyatakan persentase selisih antara data prediksi dengan data aktual. Dengan nilai error yang semakin kecil maka tingkat keakurasian dapat dikatakan semakin baik, (Rahmadiani, 2012), (Elfajar, 2017)

2.7 Diagram Alir Metode Time Invariant Fuzzy Time Series

Diagram Alir *Metode Time Invariant Fuzzy Time Series* dapat dilihat pada Gambar dibawah ini. Data yang dijadikan masukan adalah data time series yang direkap selama kurun waktu tertentu. Data tersebut diolah dengan cara dicari variasi datanya yaitu dengan cara bulan sekarang dikurangi bulan

sebelumnya. Kemudian dicari himpunan semestanya. Lalu, dilakukan fuzzifikasi dan dicari FLR dan FLRG -nya kemudian dilakukan defuzzifikasi yang menghasilkan nilai prediksi. Dan yang terakhir adalah hasil prediksi tersebut dihitung dengan menggunakan nilai MAPE untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil prediksi tersebut.



Gambar 2.1 Diagram Alir *Time Invariant Fuzzy Time Series*

Langkah-langkah penerapan metode *time invariant fuzzy time series* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai variasi data

Untuk mencari nilai variasi dapat dilihat pada Persamaan berikut.

$$V = \text{Data}(i) - \text{Data}(i - 1) \dots\dots\dots(2.6)$$

2. Mengidentifikasi himpunan semesta

Setelah didapatkan nilai variasi dari semua data, kemudian dicari nilai variasi minimal dan variasi maksimalnya. Dari nilai tersebut dibentuk himpunan semesta seperti yang ditunjukkan pada Persamaan berikut.

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + V_2] \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

D_{min} = Nilai variasi terkecil dalam data

D_{max} = Nilai variasi terbesar dalam data

D_1 = Bilangan positif sembarang

D_2 = Bilangan positif sembarang

3. Mendefinisikan *fuzzi* set ke dalam himpunan *fuzzy* A_i .

Setelah didapatkan nilai himpunan semesta, kemudian himpunan semesta tersebut dibagi ke dalam masing-masing *fuzzy* set dengan nilai interval yang sama panjang. Asumsikan apabila dalam menerapkan metode *time invariant fuzzy time series* digunakan 3 himpunan *fuzzy*, maka *fuzzy set* yang ada tersebut didefinisikan ke dalam himpunan *fuzzy* A_i . Dimana $i = 1, 2, 3$. Seperti yang ditunjukkan pada Persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 A1 &= \left\{ \frac{1}{v_1}, \frac{0,5}{v_2}, \frac{0}{v_3} \right. \\
 A2 &= \left\{ \frac{0,5}{v_1}, \frac{1}{v_2}, \frac{0,5}{v_3} \right. \dots\dots\dots(2.8) \\
 A3 &= \left\{ \frac{0}{v_1}, \frac{0,5}{v_2}, \frac{1}{v_3} \right.
 \end{aligned}$$

4. *Fuzzifikasi Variasi*

Setelah didapatkan nilai interval dari masing-masing himpunan *fuzzy*, kemudian dilakukan *fuzzifikasi Variasi*. Misalnya, apabila nilai variasi suatu data memiliki nilai diantara rentang interval *fuzzy set* A_k , maka nilai variasi tersebut akan difuzzifikasi sebagai A_k .

5. Mencari *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Didalam penelitian ini FLR yang digu nakan adalah $R(t, t-12)$ maka bisa dikatakan bahwa $F(t)$ disebabkan oleh $F(t-12)$. Sehingga relasi yang dihasilkan adalah $F(t-12) \rightarrow F(t)$.

6. Mencari *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Apabila dalam mengidentifikasi *Fuzzy Logic Relation* terdapat beberapa relasi yang sama pada sisi kirinya (*left side*) yaitu pada *current state*, maka relasi tersebut akan dikumpulkan ke dalam grup yang sama seperti yang ditunjukkan pada Persamaan berikut. Misalkan:

$$\begin{array}{l}
 A_t \rightarrow 1 \\
 A_t \rightarrow 2 \dots\dots\dots (2.9) \\
 \text{Maka, } A_t \rightarrow 1, A_2
 \end{array}$$

Defuzzifikasi Defuzzifikasi dilakukan agar dari himpunan *fuzzy* yang ada dapat diperoleh nilai tegas (*crisp*) sebagai *output*. Proses defuzzifikasi adalah berikut:

Dengan metode *Center Of Gravity* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan berikut:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \times \bar{x}}{\sum_{i=1}^N A_i} \dots\dots\dots (2.10)$$

- Keterangan:
- A = Nilai derajat keanggotaan FLRG suatu himpunan *fuzzy*
 - \bar{x} = Nilai rata-rata interval suatu himpunan *fuzzy*
 - N = Banyaknya data

2.7 Kajian Al – Quran

Dalam QS. An-Anfal 8:53 yang berbunyi :

ذَلِكَ بِأَنَّ اللَّهَ لَمْ يَكُ مُغَيِّرًا نِعْمَةً أَنْعَمَهَا عَلَىٰ قَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا
بِأَنْفُسِهِمْ وَأَنَّ اللَّهَ سَمِيعٌ عَلِيمٌ

Terjemahnya:

“Yang demikian itu karena sesungguhnya Allah tidak akan mengubah suatu nikmat yang telah diberikan-Nya kepada suatu kaum, hingga kaum itu mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri. Sungguh, Allah Maha Mendengar, Maha Mengetahui.”

Kandungan surat tersebut adalah menyangkut tentang Allah tidak akan mengubah nikmat yang telah diberikan-Nya kecuali jika manusia mengubah apa yang ada pada mereka. Ayat di atas mengisyaratkan bahwa manusia dapat mengetahui segelumit tentang hal-hal tersebut, bila Allah menyampaikan kepadanya melalui salah satu cara penyampaian, misalnya penelitian ilmiah. Namun, manusia hanya dapat mengetahui dalam kadar pengetahuan manusia, bukan pengetahuan Allah. Dua hal terakhir yang disebut pada ayat di atas tentang apa yang akan dikerjakan seseorang esok dan dimana dia akan mati. Mengenai hal tersebut, manusia tidak dapat mengetahui secara pasti dan rinci, apalagi hal-hal yang berada diluar diri manusia.

Salah satu hal yang dimaksud dari kata berusaha tersebut adalah menerkah atau meramalkan sesuatu yang akan terjadi berdasarkan apa yang pernah terjadi dimasa lampau. Dan tidak ada satu jiwa pun yang pandai atau dapat meramalkan dengan pasti lagi rinci mengetahui apa yang akan diusahakannya besok serta dampak dan hasil usahanya itu, namun manusia diwajibkan untuk selalu berusaha.

Dalam QS. Al-Hasyr 59:18 juga menjelaskan tentang terjadinya kiamat yang berbunyi :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَانْتظِرُوا نَفْسَ مَا قَدَّمْتُمْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ

Terjemahnya:

“Wahai orang-orang yang beriman! Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertakwalah kepada Allah. Sungguh, Allah Mahateliti terhadap apa yang kamu kerjakan.”

Ayat diatas menerangkan bahwa setiap apa yang kita kerjakan maka Allah mengetahuinya. Dan setiap apa yang kita kerjakan hari ini adalah untuk bisa mengetahui apa yang akan terjadi hari esok.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data Yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder adalah sumber data dalam pemberian informasi dilakukan secara langsung pada pengumpul penelitian. Data sekunder yaitu data yang sembarinya diambil secara langsung a. Dalam penelitian ini data yang digunakan penulis yaitu data sekunder. Dimana sumber data ini diperoleh secara tidak langsung, yaitu data yang telah dikumpulkan sebelumnya oleh pihak lain. Data ini didapat dari kantor PT Kereta Api Indonesia (Persero) Divisis Regional 1 Sumatera Utara. Data yang digunakan meliputi data bulanan selama Bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Mei 2020, yaitu data selama 5 tahun. Data sekunder bisa didapat dengan cara mencari studi literatur, atau mencari di situs-situs tempat penyedia data yang ada di internet. Data yang didapat akan digunakan sebagai data latih dan data uji. Pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan bahan yang relevan, akurat dan dapat diandalkan.

Table 3.1 kriteria penilaian AFER.

Nilai AFER	Parameter
<10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup
>50%	Buruk

Tabel 2.7 Persentase AFER

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian terapan. Penelitian terapan adalah salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Penelitian ini tidak berfokus pada pengembangan sebuah ide, teori, atau gagasan, tetapi lebih berfokus kepada penerapan penelitian tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder karena data jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu yang dikelola merupakan langsung hasil dari kantor PT Kereta Api Indonesia (Persero) Divisis Regional 1 Sumatera Utara.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kantor PT Kereta Api Indonesia (Persero) Divisis Regional 1 Sumatera Utara. Jl. Profesor H.M. Yamin, SH. No. 14, Perintis, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara. Penelitian ini diperkirakan akan berlangsung selama kurang lebih satu bulan yaitu pada bulan Agustus.

3.5 Langkah-langkah Analisis Time Series

Langkah-langkah metode *fuzzy time series* adalah sebagai berikut (Chen,1996):

1. Untuk menentukan himpunan semesta dapat dicari dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$[D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2]$$

Keterangan:

- a. D_{\min} merupakan nilai terkecil dari data historis
 - b. D_{\max} merupakan nilai terbesar dari data historis
 - c. D_1 merupakan bilangan positif sembarang
 - d. D_2 merupakan bilangan positif sembarang
2. Bagi himpunan semesta ke dalam interval dengan jumlah yang sama`
 3. Mendefinisikan *fuzzy set* dari himpunan semesta. gunakan $A_1, A_2, A_3, \dots, A_k$ untuk *fuzzy set* yang memiliki nilai linguistik sesuai dengan nilai yang ada pada himpunan semesta.

Lalu *fuzzy set* tersebut didefinisikan ke dalam persamaan seperti berikut:

$$A_1 = a_{11}/u_1 + a_{21}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m$$

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

$$\dots = \dots + \dots + \dots + \dots$$

$$A_K = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m$$

Dimana, $a_{ij} \in [0,1]$, $1 \leq i \leq k$ dan $1 \leq j \leq m$. Variabel a_{ij} menunjukkan derajat keanggotaan dari interval u_j dan *fuzzy set* A_i .

4. Memfuzzifikasikan Data Historik. Dalam tahap ini data aktual yang ada diidentifikasi menjadi suatu *fuzzy set*. Misalnya, apabila $F(t-1)$ memiliki nilai yang sesuai dengan *fuzzy set* A_k , maka $F(t)$ akan difuzzifikasi sebagai A_k .
5. Mengidentifikasi *Fuzzy Logic Relationship* (FLR). Cara mengidentifikasi FLR adalah apabila $F(t-1)$ difuzzifikasi sebagai A_i dan $F(t)$ difuzzifikasi sebagai A_j , maka *Fuzzy Logic Relationship* nya adalah $A_i \rightarrow A_j$. A_i adalah sisi kiri (*left side*) yang biasa disebut dengan *current state*, dan A_j adalah sisi kanan (*right side*) yang disebut *next state*.
6. Membangun *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Untuk mengidentifikasi *Fuzzy Logic Relationship Group* yaitu apabila terdapat FLR yang memiliki kesamaan pada sisi kiri (*left side*) yaitu sisi *current state*, maka sisi kanan dari FLR tersebut akan dikelompokkan sesuai dengan sisi kirinya.
7. Defuzzifikasi nilai prediksi dibagi berdasarkan:
 - a. Apabila hasil fuzzifikasi menunjukkan suatu data masuk kedalam *fuzzy set* A_i , dan hanya memiliki satu *Fuzzy Logic Relationship Group* saja ($A_i \rightarrow A_j$), maka nilai defuzzifikasi untuk data $N+1$ adalah m_j .
 - b. Apabila hasil fuzzifikasi menunjukkan suatu data masuk kedalam *fuzzy set* A_i dan A_i memiliki lebih dari *Fuzzy Logic Relationship Group* ($A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, \dots, A_{jn}$), maka nilai defuzzifikasi untuk data $N+1$ adalah $(m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jn}) / n$.
 - c. Apabila hasil fuzzifikasi menunjukkan suatu data masuk kedalam *fuzzy set* A_i , dan tidak memiliki satupun *Fuzzy Logic Relationship Group*, maka nilai defuzzifikasi untuk data $N+1$ adalah 0.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

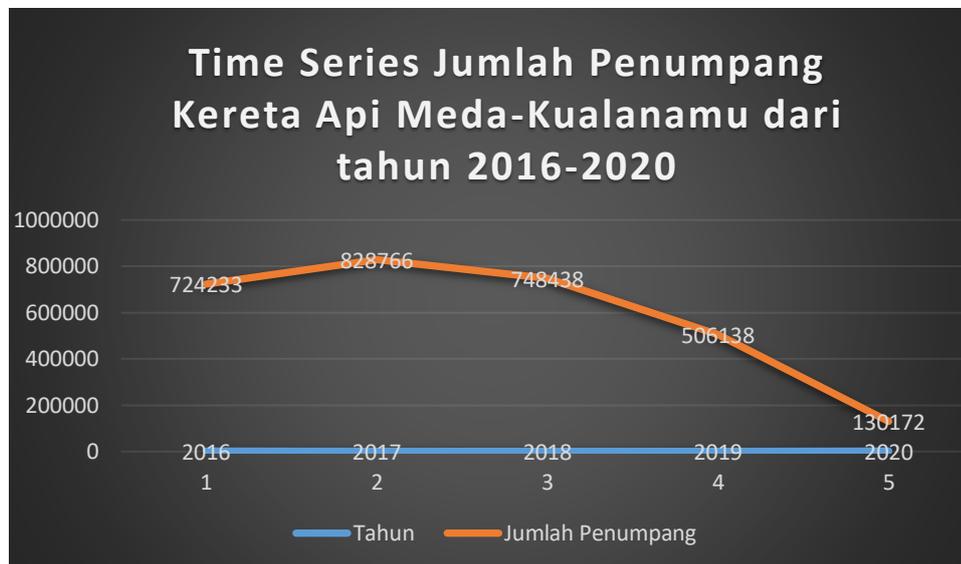
Adapun hasil penelitian dari data yang digunakan merupakan hasil dari variabel jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun 2016-2020 yang diambil dari PT Kereta Api Indonesia (Persero) dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 4.1 : Data Jumlah Penumpang Kereta Api Medan – Kualanamu/
Kualanamu-Medan dari Tahun 2016-2020

Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan					
Tahun/Bulan	2016	2017	2018	2019	2020
Januari	54128	59485	73052	42439	52002
Februari	55383	56128	68768	39439	46589
Maret	62741	66495	82352	43140	30735
April	59441	65343	76061	40501	846
Mei	66434	71367	66627	31595	
Juni	49967	55928	55857	34747	
Juli	55697	70457	64558	42936	
Agustus	63238	72692	54391	46415	
September	61954	70595	54252	42382	
Oktober	65624	82518	54499	43153	
November	64814	78552	51305	48761	
Desember	64812	79206	46716	50630	

Sumber : PT Kereta Api Indonesia (Persero)

Gambar 4.1 : Jumlah Penumpang Kereta Api Medan – Kualanamu/Kualanamu-Medan dari Tahun 2016-2020



Himpunan semesta U dinyatakan dari variasi jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun-tahun sebelumnya dengan menggunakan IBM SPSS Statistic 23 *license authorization wizard* terdapat pada tabel 2.

Tabel 4.2: Variasi Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan dengan menggunakan IBM SPSS Statistic 23 *license authorization wizard* dari tahun 2016-2020

Descriptive Statistics			
	N	Sum	Variance
2016	12	724233	28633161.295
2017	12	828766	77158223.788
2018	12	748438	124190258.333
2019	12	506138	28438075.606
2020	4	130172	527970490.000
Valid N (listwise)	4		

Dari table 2 diatas di ketahui bahwa langkah-langkah proses peramalan pada metode *time invariant fuzzy time seris* sebagai berikut:

1. Mendefinisikan semesta pembicaraan (himpunan semsta U) dari variasi data historisnya. Nilai variasi data historis yaitu $D_{\min} = 2.843.075,606$, dan nilai variasi data historis terbesar yaitu $D_{\max} = 527.970.490$. Agar U mudah dipartisi menjadi panjang interval yang sama. Maka penulis mengambil D_1 dan D_2 bilangan sembarang, maka penulis mengambil $D_1 = 506.138$ dan $D_2 = 130.172$.

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

$$U = (2.843.075,606-506.138, 527.970.490+130.172)$$

$$U = (2.336.937,606, 582.100.662).$$

Untuk menentukan himpunan semesta dari himpunan data historis menggunakan bilangan positif sembarang yang di tentukan peneliti, maka pada penelitian ini tidak menggunakan teori dari Chen, karena tidak ada bilangan positif yang pasti untuk digunakan dan efektif.

2. Mempartisi U menjadi panjang interval yang sama

$$\begin{aligned} \text{Range (R)} &= \text{Nilai Max} - \text{Nilai Min} \\ &= 582.100.662 - 2.336.937,606 \\ &= 525.763.724,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Interval, } K &= 1+3,3*\text{Log}(N) \\ &= 1+3,3*\text{Log}(5) \\ &= 1+3,3(0,699) \\ &= 1+2,3067 \\ &= 3,3067 \text{ dibulatkan menjadi } 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Interval } i &= \frac{R}{K} \\ &= \frac{525.763.724,4}{3,3067} \\ &= 158.999.523,51 \end{aligned}$$

Setelah jumlah dan lebar interval didapat, langkah selanjutnya adalah membagi data berdasarkan jumlah dan lebar interval. Diketahui jumlah interval adalah 3 dan lebar interval adalah 158.999.523,51 maka:

$$u_1 = (2.336.937,606; 161.336.460,12)$$

$$u_2 = (161.336.460,12; 320.335.982,63)$$

$$u_3 = (320.335.982,63; 582.100.662)$$

Untuk dapat menggunakan analisis fuzzy dengan data time series, data tersebut disusun dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, dimana dalam analisis fuzzy terdapat himpunan semesta. Berikut tabel distribusi frekuensi berdasarkan metode fungsi fuzzy :

Tabel 4.3 : Interval *fuzzy* menggunakan kepadatan frekuensi

U_i	Interval (I)	Jumlah Data	Jumlah sub Interval
U_1	2.336.937,606; 161.336.460,12	4	3
U_2	161.336.460,12; 320.335.982,63	0	1
U_3	320335982,63; 582.100.662	1	2

Dari tabel distribusi frekuensi menunjukkan bahwa terdapat 3 interval dan diperoleh frekuensi tertinggi berada pada kelas interval [2.336.937,606; 161.336.460,12] dengan jumlah data 4 sedangkan frekuensi terendah berada pada kelas interval [161.336.460,12;320.335.982,63] dengan jumlah data 0. Jumlah sub interval menunjukkan peringkat untuk kelas interval dimana peringkat terbesar dimulai dari interval yang memiliki jumlah data terbesar sampai jumlah data terkecil. Berdasarkan tabel frekuensi interval pertama memiliki jumlah sub interval sebesar 3 maka interval tersebut berada pada peringkat ke 3 setelah itu untuk interval peringkat ke-3 dibagi menjadi 3 sub-interval yang sama besar dan peringkat ke-1 dibagi menjadi 1 subinterval yang sama besar, demikian seterusnya hingga interval peringkat ke-2 dibagi menjadi 2 sub-interval yang sama besar. Sehingga akhirnya sub-interval yang terbentuk adalah 6 sub-interval yang akan menjadi domain untuk himpunan fuzzy A_i seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.4 : Interval *fuzzy* menggunakan kepadatan frekuensi berdasarkan pembagian

Himpunan Fuzzy	Interval	Lebar Interval
A1	2336937,606; -50.662.903,56	52999841,17
A2	-50.662.903,56; -103.662.744,73	52999841,17
A3	-103.662.744,73; 161.336.460,12	52999841,17
A4	161.336.460,12; 320.335.982,63	158999523,5
A5	320.335.982,63; 240.836.220,88	79499761,76
A6	240.836.220,88; 582.100.662	79499761,76

1. Mendefinisikan himpunan *Fuzzy* A_i . Diasumsikan nilai *Fuzzy* berasal dari variable *linguistic* variasi data jumlah penumpang Kereta Apia Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan. Nilai *linguistic* untu A_1, A_2 , dan A_3 yaitu: A_1 (turun), A_2 (tetap), A_3 (naik). Untuk 3 interval yang ada, setiap $\mu_i, I = \overline{1,3} \in A_j, j = \overline{1,3}$ dinyatakan dengan nilai real para range $[0,1]$:

$$A_1 = \left(\frac{1}{\mu_1}, \frac{0,5}{\mu_2}, \frac{0}{\mu_3} \right)$$

$$A_2 = \left(\frac{0,5}{\mu_1}, \frac{1}{\mu_2}, \frac{0,5}{\mu_3} \right)$$

$$A_3 = \left(\frac{0}{\mu_1}, \frac{0,5}{\mu_2}, \frac{1}{\mu_3} \right)$$

Defuzzyfikasi

Setelah mendapatkan interval dan himpunan fuzzy, maka selanjutnya adalah mencari nilai titik tengah dari masing-masing interval dengan menggunakan

$$\text{Persamaan } \alpha_t = \frac{\text{batas bawah interval} + \text{batas atas interval}}{2}.$$

$$\alpha_1 = \frac{2.336.937,606 + (-50.662.903,56)}{2}$$

$$\alpha_1 = \frac{-48.325.965,96}{2}$$

$$\alpha_1 = -24.162.982,98$$

$$\alpha_2 = \frac{-50.662.903,56 + (-103.662.744,73)}{2}$$

$$\alpha_2 = \frac{-154.325.648,30}{2}$$

$$\alpha_2 = -77.162.824,15$$

$$\alpha_3 = \frac{(-103.662.744,73) + 161.336.460,12}{2}$$

$$\alpha_3 = \frac{57.673.715,39}{2}$$

$$\alpha_3 = 28.836.857,69$$

$$\alpha_4 = \frac{161.336.460,12 + 320.335.982,63}{2}$$

$$\alpha_4 = \frac{481.672.442,75}{2}$$

$$\alpha_4 = 240.836.221,4$$

$$\alpha_5 = \frac{320.335.982,63 + 240.836.220,88}{2}$$

$$\alpha_5 = \frac{561.172.203,51}{2}$$

$$\alpha_5 = 280.586.101,8$$

$$\alpha_6 = \frac{240.836.220,88 + 582.100.662}{2}$$

$$\alpha_6 = \frac{822.936.822,88}{2}$$

$$\alpha_6 = 411.468.411,4$$

Nilai tengah merupakan nilai tengah dari jarak masing-masing interval.

Nilai tengah ini akan digunakan pada tahap defuzzyfikasi.

- Memprediksi perubahan persentase data

Selanjutnya menghitung nilai titik tengah dari setiap kelas interval, setelah diperoleh, maka titik tengah tersebut digunakan untuk memprediksi persentase perubahan dengan fungsi keanggotaan triangular. Misalnya, ingin diprediksi

perubahan persentase data pada *Fuzzy* $A_j = 1$; $A_j = 2 \leq j \leq n-1$ dan $A_j = n$ maka dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$T_j \begin{cases} \frac{1,5}{\frac{1}{a_1} + \frac{0,5}{a_2}} & \text{if } j = 1 \\ \frac{2}{\frac{0,5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0,5}{a_{j+1}}} & \text{if } 2 \leq j \leq n-1 \\ \frac{1,5}{\frac{0,5}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_n}} & \text{if } j = n \end{cases}$$

a. Prediksi perubahan persentase data pada *Fuzzy* $A_j = 1$ maka dapat dihitung sebagai berikut

$$t^1 = \frac{1,5}{\frac{1}{a_1} + \frac{0,5}{a_2}}, \text{ if } j = 1$$

$$A_1 = a_1$$

$$t_1 = \frac{1,5}{\frac{1}{a_1} + \frac{0,5}{a_2}}$$

$$t_1 = \frac{1,5}{\frac{1}{81.836.698,86} + \frac{0,5}{240.836.221,8}}$$

$$t_1 = \frac{1,5}{\frac{240.836.221,8 + 409.18.349,43}{197.092.413.580.267,69}}$$

$$t^1 = \frac{1,5}{\frac{322.672.920,2}{197.092.413.580.267,69}}$$

$$t^1 = \frac{1,5}{\frac{197.092.413.580.267,69}{322672920,2}}$$

$$t_1 = \frac{1,5}{610.811,8}$$

$$t_1 = \frac{610.811,8}{1,5}$$

$$t_1 = 407.207,8$$

- b. Untuk mencari nilai prediksi perubahan persentase data pada *Fuzzy Aj* =
 $2 \leq j \leq 6-1$ maka dapat dihitung sebagai berikut

$$t_2 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0,5}{a_{j+1}}}, \quad Aj = 2 \leq j \leq 6-1$$

$$A_2 = a_2$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{2-1}} + \frac{1}{a_2} + \frac{0,5}{a_{2+1}}}$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{0,5}{240.836.221,8-1} + \frac{1}{240.836.221,8} + \frac{0,5}{240.836.221,8+1}}$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{120418110,9+240.836.220,8}{58.002.085.490.062.573,44} + \frac{0,5}{240.836.222,8}}$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{361.254.331,7}{58.002.085.490.062.573,44} + \frac{0,5}{240.836.222,8}}$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{87.003.128.716.766.302,76+290.010.427.450.312,72}{1,3969E+25}}$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{116.041.714.617.976,48}{1,3969E+25}}$$

$$t_2 = \frac{2}{\frac{1,3969E+25}{116.041.714.617.976,48}}$$

$$t_2 = \frac{2}{12.041.811.090}$$

$$t_2 = \frac{12.041.811.090}{2}$$

$$t_2 = 6.020.905.545$$

- c. Untuk mencari nilai prediksi perubahan persentase data pada *Fuzzy Aj* = $32 \leq j \leq 6-1$ maka dapat dihitung sebagai berikut

$$t_3 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0,5}{a_{j+1}}}, \quad Aj = 2 \leq j \leq 6-1$$

$$A_3 = a_3$$

$$t_3 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{3-1}} + \frac{1}{a_3} + \frac{0,5}{a_{3+1}}}$$

$$t_3 = \frac{2}{\frac{0,5}{28.836.857,69-1} + \frac{1}{28.836.857,69} + \frac{0,5}{28.836.857,69+1}}$$

$$t_3 = \frac{2}{\frac{43.255.285,4}{83.156.367.102.140.862,45} + \frac{0,5}{28.836.857,69}}$$

$$t_3 = \frac{2}{\frac{1.247.346.383.691.428,2 + 41.156.367.102.140.862,4}{2,397.968.4073E+24}}$$

$$t_3 = \frac{2}{\frac{1.658.910.054.712.836,2}{2,397.968.4073E+24}}$$

$$t_3 = \frac{2}{\frac{2.397.968.4073E+24}{1.658.910.054.712.836,2}}$$

$$t_3 = \frac{2}{6,93557E-08}$$

$$t_3 = \frac{6,93557E-08}{2}$$

$$t_3 = 3,46778E - 08$$

- d. Untuk mencari nilai prediksi perubahan persentase data pada *Fuzzy Aj* = $42 \leq j \leq 6-1$ maka dapat dihitung sebagai berikut

$$t_4 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0,5}{a_{j+1}}}, \quad Aj = 2 \leq j \leq 6-1$$

$$A_4 = a_4$$

$$t_4 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{4-1}} + \frac{1}{a_4} + \frac{0,5}{a_{4+1}}}$$

$$t_4 = \frac{2}{\frac{0,5}{240.836.221,4-1} + \frac{1}{240.836.221,4} + \frac{0,5}{240.836.221,4+1}}$$

$$t_4 = \frac{2}{\frac{361.254.331,6}{5,80021E+16} + \frac{0,5}{28.836.857,69}}$$

$$t_4 = \frac{2}{\frac{361.254.331,6+29.001E+16}{1,3969E+25}}$$

$$t_4 = \frac{2}{\frac{2,9001E+16}{1,3969E+25}}$$

$$t_4 = \frac{2}{\frac{1,3969E+25}{2,9001E+16}}$$

$$t_4 = \frac{2}{481.672.438,8}$$

$$t_4 = \frac{481.672.438,8}{2}$$

$$t_4 = 240.836.219,4$$

- e. Untuk mencari nilai prediksi perubahan persentase data pada *Fuzzy Aj* = $42 \leq j \leq 6-1$ maka dapat dihitung sebagai berikut

$$t_5 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0,5}{a_{j+1}}}, \quad A_j = 2 \leq j \leq 6-1$$

$$A_5 = a_5$$

$$t_5 = \frac{2}{\frac{0,5}{a_5-1} + \frac{1}{a_5} + \frac{0,5}{a_5+1}}$$

$$t_5 = \frac{2}{\frac{0,5}{280.586.101,8-1} + \frac{1}{280.586.101,8} + \frac{0,5}{280.586.101,8}}$$

$$t_5 = \frac{2}{\frac{420.879.152,2}{787.286E+16} + \frac{0,5}{28.836.857,69}}$$

$$t_5 = \frac{2}{\frac{420.879.152,2+39.3643E+16}{2,20901E+25}}$$

$$t_5 = \frac{2}{\frac{2,20901E+25}{22,901E+25}}$$

$$t_5 = \frac{2}{\frac{2,20901E+25}{2,20901E+25}}$$

$$t_5 = \frac{2}{1}$$

$$t_5 = \frac{1}{2}$$

$$t_5 = 0,5$$

- f. Adapun untuk mencari nilai prediksi persentase perubahan data terakhir yaitu, Fuzzy $A_j = 6$ fungsinya adalah sebagai berikut:

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{0,5}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_n}} \text{ if } A_j = 6$$

$$A_6 = a_6$$

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{0,5}{a_{6-1}} + \frac{1}{a_6}}$$

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{0,5}{411.468.441,4-1} + \frac{1}{411.468.441,4}}$$

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{0,5}{411.468.440,4} + \frac{1}{411.468.441,4}}$$

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{205.734.220,7 + 411.468.440,4}{169.306.277.856.676.792,56}}$$

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{617.202.661,1}{169.306.277.856.676.792,56}}$$

$$t_6 = \frac{1,5}{\frac{169.306.277.856.676.792,56}{617.202.661,1}}$$

$$t_6 = \frac{1,5}{274.312,3}$$

$$t_6 = \frac{274.312,3}{1,5}$$

$$t_6 = 182.874,9$$

Apabila semua nilai prediksi persentase perubahan data telah diperoleh, maka selanjutnya adalah meramalkan nilai data peramalan ke- i menggunakan nilai prediksi persentase perubahan data (t_i) dengan menggunakan Persmaan berikut:

$$F_i = \left(\frac{t_i}{100} \cdot x_t - 1 \right) + x_{t-1} \quad (2 \leq i \leq 6 \text{ dan } 2 \leq t \leq 6)$$

$$\triangleright F_2 = \left(\frac{t_2}{100} \cdot x_2 - 1 \right) + x_{2-1}$$

$$F_2 = \left(\frac{6.020.905.545}{100} \cdot 724.233 \right) + 724.233$$

$$F_2 = (7.242,33 \cdot 724.233) + 724.233$$

$$F_2 = (5245134383) + 724.233$$

$$F_2 = 5.245.858.616$$

$$\triangleright F_3 = \left(\frac{3,46778E-08}{100} \cdot x_3 - 1 \right) + x_{3-1}$$

$$F_3 = (3,46778E - 05 \cdot 828.766) + 828.766$$

$$F_3 = (28,74) + 828.766$$

$$F_3 = 828.795$$

$$\triangleright F_4 = \left(\frac{240.836.219,4}{100} \cdot 748.438 \right) + 748.438$$

$$F_4 = (2.408.362,194 \cdot 748.438) + 748.438$$

$$F_4 = (1,8) + 748.438$$

$$F_4 = 748.440$$

$$\triangleright F_5 = \left(\frac{0,5}{100} \cdot 508.138 \right) + 508.138$$

$$F_5 = (0,005 \cdot 508.138) + 508.138$$

$$F_5 = (2540,69) + 508.138$$

$$F_5 = 510.679$$

$$\triangleright F_6 = \left(\frac{182.874,9}{100} \cdot 130.172 \right) + 130.172$$

$$F_6 = (1828,749 \cdot 130.172) + 130.172$$

$$F_6 = (238.051.914,8) + 130.172$$

$$F_6 = 238.182.087$$

3. *Memfuzzykan* variasi dari data historis peramalan, jika variasi pada tahun t adalah $p \in u_i$ dan jika nilai yang dinyatakan oleh himpunan *fuzzy* A_j dengan nilai keanggotaan *maximum* jatuh pada u_i , maka p dinyatakan *fuzzified* pada A_j , hasil variasi dari data jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu yang *difuzzified*.

Untuk menyederhanakan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i berada diantara 0, 0,5, 1 dimana $1 \leq i \leq n$, n adalah jumlah interval yang telah dibagi sebelumnya, berikut adalah bentuk matriks dari pembentukan himpunan *fuzzy*.

Menentukan R_i , $i = \overline{1,3}$

$$R_1 = A_1^T \times A_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,5 \\ 0 \end{bmatrix} \times [1 \quad 0,5 \quad 0] = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_1^T \times A_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0,5 \\ 0 \end{bmatrix} \times [0 \quad 0,5 \quad 1] = \begin{bmatrix} 0 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_1 = A_1^T \times A_1 \cup A_1^T \times A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} 0 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = A_2^T \times A_1 = \begin{bmatrix} 0,5 \\ 1 \\ 0,5 \end{bmatrix} \times [1 \quad 0,5 \quad 0] = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_2^T \times A_3 = \begin{bmatrix} 0,5 \\ 1 \\ 0,5 \end{bmatrix} \times [0 \quad 0,5 \quad 1] = \begin{bmatrix} 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = A_2^T \times A_1 \cup A_2^T \times A_3 = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = A_3^T \times A_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,5 \\ 1 \end{bmatrix} \times [1 \quad 0,5 \quad 0] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = A_3^T \times A_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,5 \\ 1 \end{bmatrix} \times [0 \quad 0,5 \quad 1] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0,5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = A_3^T A_1 \cup A_3^T A_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 1 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan operator max-min.

$$A_1 \circ R_1 = [1 \quad 0,5 \quad 0] \circ \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [1 \quad 0,5 \quad 1]$$

$$A_2 \circ R_2 = [0,5 \quad 1 \quad 0,5] \circ \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \end{bmatrix} = [1 \quad 0,5 \quad 1]$$

$$A_3 \circ R_3 = [0 \quad 0,5 \quad 1] \circ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 1 & 0,5 \end{bmatrix} = [0,5 \quad 1 \quad 0,5]$$

Tabel 4.5 : *Fuzzified* Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu serta Variasi

Tahun	Jumlah Penumpang	variasi	<i>Fazzified</i> Variasi
2016	724.233	28.633.161,3	A ₁
2017	828.766	77.158.223,79	A ₁
2018	748.438	124.190.258,3	A ₁
2019	508.138	28.438.075,61	A ₁
2020	130.132	52.797.0490	A ₃

1. Menyatakan relasi *fuzzy logic* $A_i \rightarrow A_j$, ini dapat diartikan yang terletak pada sisi sebelah kiri disebut dengan *current estate* dan A_j yang berada di sisi kanan *relationship* disebut dengan *next state* dan jika terjadi pengurangan *relationship* maka tetap dihitung hanya 1 kali . Adapun keterangan FRL (*Fuzzy Logic Relationship*) adalah sebagai berikut:

$$A_1 \rightarrow A_1$$

$$A_1 \rightarrow A_3$$

4. *Fuzzy Logic Relation Group* (FRLG), pada *Fuzzy Logic Relation* terdapat beberapa relasi yang sama pada sisi kirinya (*left side*) yaitu pada *current state*, maka relasi tersebut akan dikumpulkan ke dalam grup yang sama yaitu:

Tabel 4.6 : Relasi himpunan *Fuzzy*

Tahun	Jumlah Penumpang	Peramalan Jumlah Penumpang	Titik Tengah	Peramalan Persentase Perubahan Data	FRLG
2016	724.233		-24.162.982,98	407.207,8	$A_1 \rightarrow A_1, A_3$
2017	828.766	5.245.858.616	-77.162.824,15	6.020.905.545	$A_1 \rightarrow A_1, A_3$
2018	748.438	828.795	28.836.857,69	3,46778E - 08	$A_1 \rightarrow A_1, A_3$
2019	508.138	748.440	240.836.221,4	240.836.219,4	$A_1 \rightarrow A_1, A_3$
2020	130.132	510.679	280.586.101,8	0,5	$A_3 \rightarrow A_1, A_3$
2021		182.874,9	411.468.441,4	182.874,9	

Menghitung R_i , $i = \overline{1,6}$ sebagai gabungan relasi *logic* sehingga :

$$R_1 = A_1^T x A_1 \cup A_1^T x A_3$$

$$R_2 = A_2^T x A_1 \cup A_2^T x A_3$$

$$R_3 = A_3^T A_1 \cup A_3^T A_3$$

Dengan \cup merupakan operator gabungan.

5. Menyatakan grup relasi *fuzzy logic* berdasarkan variasi yang diketahui dari tahun sebelumnya yaitu: Jika $A_{j-1} = A_j$ dan $R_i = R_j$ untuk $j = \overline{1,3}$ sehingga dari defenisi komposisi: $A_i = A_j \circ R_j$

Dengan A_i adalah variasi peramalan pada 5 tahun kedepan, sehingga *output* peramalan yaitu:

$$F(2016) = A_1 \circ R_1 = [1 \quad 0,5 \quad 1]$$

$$F(2017) = A_1 \circ R_1 = [1 \quad 0,5 \quad 1]$$

$$F(2018) = A_1 \circ R_1 = [1 \quad 0,5 \quad 1]$$

$$F(2019) = A_2 \circ R_2 = [1 \quad 0,5 \quad 1]$$

$$F(2020) = A_3 \circ R_3 = [0,5 \quad 1 \quad 0,5]$$

Untuk meramalkan jumlah calon di tahun 2022 maka dapat dinyatakan dengan: $F(2022) = F(2021) \times R(2021,2022)$. Dengan basis tahun 2021 diperoleh $F(1992) = A_1$.

$$F(2022) = A_1 \rightarrow A_1, A_3$$

$$\text{Defuzzifikasi}(F(2022)) = \text{defuzzifikasi}(A_1 \rightarrow A_1, A_3)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{U_1 + U_2}{2} \\ &= \frac{(2.336.937,606 + 161.336.460,12)/2 + (320.335.982,63 + 582.100.662)/2}{2} \\ &= \frac{533.055.021,2}{2} \\ &= 266.527.510,6 \end{aligned}$$

6. Meramalkan *output* peramalannya dan mendefuzzifikasikannya. Dari hasil grup relasi *fuzzy logic*, maka dilakukanlah proses *defuzzifikasi*, dan dapat disimpulkan jenis-jenis *output* dengan z sebagai berikut:

$$A_1 \circ R_1 = [1 \quad 0,5 \quad 1]; Z = 6.428.116,8$$

$$A_2 \circ R_2 = [1 \quad 0,5 \quad 1]; Z = 240.836.219,4$$

$$A_3 \circ R_3 = [0,5 \quad 1 \quad 0,5]; Z = 0,5$$

7. Menghitung Eroe AFER (*Aferage Forecasting Error Rate*) untuk mengetahui kesalahan peramalan.

$$\text{AFER} = \left| \frac{\frac{A_i - F_i}{A_i}}{n \times 100\%} \right|$$

$$\text{AFER 2016} = \frac{\left| \frac{-24.162.982,96 - 0}{-24.162.982,96} \right|}{5 \times 100\%} = 0,2$$

$$\text{AFER 2017} = \frac{\left| \frac{-77.162.824,15 - 5.245.858.616}{-77.162.824,15} \right|}{5 \times 100\%} = 13,8$$

$$\text{AFER 2018} = \frac{\left| \frac{28.836.857,69 - 828.795}{28.836.857,69} \right|}{5 \times 100\%} = 0,2$$

$$\text{AFER 2019} = \frac{\left| \frac{240.836.221,4 - 748.440}{240.836.221,4} \right|}{5 \times 100\%} = 0,2$$

$$\text{AFER 2020} = \frac{\left| \frac{280.586.101,8 - 510.679}{280.586.101,8} \right|}{5 \times 100\%} = 0,2$$

$$\begin{aligned} \text{AFER 2021} &= \frac{\left| \frac{411.468.441,4 - 182.874,9}{411.468.441,4} \right|}{5 \times 100\%} = 0,2 \\ \text{AFER} &= \frac{0,2 + 13,8 + 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2}{6 \times 100\%} \\ \text{AFER} &= \frac{14,8}{6 \times 100\%} \\ \text{AFER} &= 2,5 \end{aligned}$$

Dari hasil peramalan yang di peroleh AFER adalah 2,5.

Parameter yang digunakan untuk mengukur keakuratan ramalan adalah *Average Forecasting Error Rate* (AFER) dimana jika parameter berada direntang 0%-100% maka dapat dikatakan hasil ramalan cukup baik. Dari rentang 0% - 100% dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori yaitu dari rentang 0% - 10% sangat baik, dari rentang 10% - 20% baik, dari rentang 20% - 50% cukup dan dari rentang 50% - 100% buruk.

Dari hasil peramalan yang di peroleh pada tahun 2017, 2018, 2019, dan 2020 sebesar 5.245.858.616, 828.795, 748.440 dan 510.679 dimana dari data actual dengan nilai peramalan memiliki perbedaan sebesar 2017 = 0,2%, 2018 = 0,2%, 2019 = 0,2%, 2020 = 0,2%, sedangkan hasil yang di peroleh dari AFER adalah 2,5%. sehingga dapat dikatakan hasil ramalan dikatakan sangat baik menurut kategori yang telah ditentukan.

Penelitian ini menggunakan metode *time invariant fuzzy time series* dengan 3 himpunan fuzzy. Berdasarkan penelitian diperoleh peramalan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun 2021 adalah 182.874,9; dan 2022 adalah 266.527.510.

4.2 Pembahasan

Data jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan yang digunakan adalah bersumber dari PT Kereta Api Indonesia (Persero). Untuk mencari himpunan semesta U maka dinyatakan dari variasi jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun-tahun sebelumnya sehingga himpunan semesta yang diperoleh terbesar dan terkecil yaitu Delta Min = 2.843.075, Delta Max = 527.970.490 sehingga dapat nilai U = (2.336.937,606, 582.100.662). Selanjutnya mempartisi U menjadi

panjang interval yang sama dengan menentukan range, panjang jumlah interval dan panjang interval. Jumlah interval adalah 3 dan lebar interval adalah 158.999.523,51. Data jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan dari tahun 2016 – 2020 digunakan untuk pembentukan himpunan fuzzy dan untuk mengetahui tingkat keakuratan metode yang digunakan untuk peramalan.

Parameter yang digunakan untuk mengukur keakuratan ramalan adalah *Average Forecasting Error Rate* (AFER) dimana jika parameter berada direntang 0%-100% maka dapat dikatakan hasil ramalan cukup baik. Dari rentang 0% - 100% dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori yaitu dari rentang 0% - 10% sangat baik, dari rentang 10% - 20% baik, dari rentang 20% - 50% cukup dan dari rentang 50% - 100% buruk.

Dari hasil peramalan yang di peroleh pada tahun 2017, 2018,2019, dan 2020 sebesar 5.245.858.616, 828.795, 748.440 dan 510.679 dimana dari data actual dengan nilai peramalan memiliki perbedaan sebesar 2017 = 0,2%, 2018 = 0,2%. 2019 = 0,2%, 2020 = 0,2%, sedangkan hasil yang di peroleh dari AFER adalah 2,5%.sehingga dapat dikatakan hasil ramalan dikatakan sangat baik menurut kategori yang telah ditentukan.

Penelitian ini menggunakan metode *time invariant fuzzy time series* dengan 3 himpunan fuzzy. Berdasarkan penelitian diperoleh peramalan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun 2021 adalah 182.874,9; dan 2022 adalah 266.527.510.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan metode *time invariant fuzzy time series* dengan 3 himpunan fuzzy. Berdasarkan penelitian diperoleh peramalan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan tahun 2021 adalah 182.874,9; dan 2022 adalah 266.527.510,6 dengan MSE adalah 2,60 dan AFER adalah 24.665,12 sehingga dapat dikatakan hasil ramalan dikatakan naik menurut kategori yang telah ditentukan.

5.2 Saran

1. Bagi peneliti, agar bisa menerima kritik saran-saran dan masukan yang diberikan oleh pembaca.
2. Bagi pembaca, agar memberi kritik dan saran-saran dan masukan kepada peneliti
3. Bagi perusahaan terkait, agar lebih mudah untuk meramalkan jumlah penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan dengan *metode Time Invariant Fuzzy Time Series*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Lazim, Chay Yoke Ling. 2012; *Interval In Fuzzy Time Series Model Preliminary Investigation For Composite Index Foorecasting*. Journal of System And Softwere. Vol. , No. 11
- Aditya Faldo. Dkk. 2019; Peramalan Harga Emas Indonesia Menggunakan Metode Time Series Klasik. Jurnal Matematika UNAND. Vol. VIII, No. 2
- Aladga Cagdas Hakan, Ufuk Yolcu, Erol Egrioglu, Ali Z. Dalar. 2012; *A New Time Invariant Fuzzy Time Seris Forecasting Method Based On Particle Swarm Optimization*. Journal Homepage. Vol. 12
- Binaiya Siti Rahma, Memi Nor Hayati , Ika Purnama Sari. Peramalan Menggunakan Time Invariant Fuzzy Time Series. Jurnal Eksponensial. Vol. 10, No. 2
- Chen Shyi-Ming, Jeng-Ren hwang. 2000; *Temperatur Production Using Fuzzy Time Series*. Jornal Transaction System Man. Vol. 30. No. 2
- Desmonda, Tursina, M Azhar Irwansyah. Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi. Vol. 6, No. 4
- Egrioglu Erol, 2012; *A New Time Invariant Fuzzy Time Seris Forecasting Method Based On Genetic Algorithm*. Journal Advances In Fuzzy System. Vol. 10
- Elfajar Aria Bayu Elfajar, Budi Darma Setiawan, Candra Dewi. Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Serian. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer. Vol. 1, No. 2
- Irwansyah Ferry Muhammad. 2013; Peramalan Dengan Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. Skripsi Matematika, Sains Dan Tekologi
- Jilani Tahseen Ahmed Jilani, Syet Muhammad Aqil Burney. 20008; *A Refined Fuzzy Time Series Model For Stock Market Forecasting*. Journal Homepage. Vol. 378
- Jiwana Indra, Nissa Almira Mayangki, Desiana Nur Kholifah, Imanuel Balla, Windu Gata. Peramalan Data Kunjungan Wisatawan Mancanegara Ke Indonesia Menggunakan Fuzzy Time Series. Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika. Vol. 5, No. 1
- Muhammad Malim. 2016; Sebaran dan Peramalan Mahasiswa Baru Pendidikan Matematika Universitas Muhammadiyah Purwokerto Dengan Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*. Jurnal Matematika. Vol. 3, No. 2
- Muhammad Malim,dkk. 2017; Peramalan Time Invariant Time Series Mahasiswa FT Dan FKIP UMP. Jurnal Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika

Rahmad Cahya, Moch. Febry Ramadhani, Dwi Puspitasari. Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara Dengan Menggunakan Metode Time Invarian Fuzzy Time Series. Jurnal Informatika Polinema. Vol. 4, No. 3

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK
INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA
UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Williem Iskandar Pasar V Medan Estate
20371
Telp. (061) 6615683-6622925 Fax. 6615683**

Nomor : B.056/ST.1/ST.V.2/TL.00/08/2020

29 Agustus 2020

Lampiran : -

Hal : Izin Riset

**Yth. Bapak/Ibu Kepala PT. Kereta Api Indonesia Divisi
Regional 1 Sumatera Utara**

Assalamulaikum Wr. Wb.

Dengan Hormat, diberitahukan bahwa untuk mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1) bagi Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi adalah menyusun Skripsi (Karya Ilmiah), kami tugaskan mahasiswa:

Nama	: Fauziah Nasution
NIM	: 0703163066
Tempat/Tanggal Lahir	: Gua Asom, 15 Desember 1998
Program Studi	: Matematika
Semester	: VIII (Delapan)
Alamat	: GARONGGANG Kelurahan pardomuan Kecamatan angkola selatan

untuk hal dimaksud kami mohon memberikan Izin dan bantuannya terhadap pelaksanaan Riset di PT. Kereta Api, guna memperoleh informasi/keterangan dan data-data yang berhubungan dengan Skripsi yang berjudul:

***Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Medan -
Kualanamu dengan metode Time Invariant Fuzzy Time
Series***

Demikian kami sampaikan, atas bantuan dan

kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Medan, 29 Agustus 2020
 a.n. DEKAN
 Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan
 dan Kerjasama



Nurul Huda Prasetya, MA
 NIP. 196709182000031002

Tembusan:
 - Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan

uji - silahkan scan QR code diatas dan klik link yang muncul, untuk mengetahui besaran nilai

Lampiran 2. Data diambil dari kantor PT.Kereta Api

		MON-MON	MON-MON	TOTAL
		Passenger	Passenger	Passenger
2016	Januari	28.122	28.000	56.122
	Februari	28.288	28.099	56.387
	Maret	32.354	32.187	64.541
	April	32.327	32.128	64.455
	Mai	35.808	35.129	70.937
	Juni	28.829	28.188	57.017
	Juli	28.622	28.099	56.721
	Agustus	33.032	32.228	65.260
	September	32.428	28.888	61.316
	Oktober	33.428	32.099	65.527
	November	33.127	31.887	65.014
	Desember	33.800	31.222	65.022
	Total	321.824	319.209	641.033
2017	Januari	30.085	28.820	58.905
	Februari	27.822	28.827	56.649
	Maret	33.885	32.120	66.005
	April	33.228	32.127	65.355
	Mai	36.008	35.181	71.189
	Juni	27.822	28.028	55.850
	Juli	33.885	32.822	66.707
	Agustus	37.882	37.822	75.704
	September	33.885	32.720	66.605
	Oktober	32.822	32.888	65.710
	November	33.885	33.888	67.773
	Desember	33.822	33.888	67.710
	Total	328.329	328.622	656.951
2018	Januari	32.822	32.822	65.644
	Februari	34.228	34.822	69.050
	Maret	40.227	42.128	82.355
	April	33.228	34.820	68.048
	Mai	33.228	33.128	66.356
	Juni	28.828	28.888	57.716
	Juli	31.228	32.128	63.356
	Agustus	28.828	28.822	57.650
	September	28.822	27.822	56.644
	Oktober	28.828	28.128	56.956
	November	28.828	28.128	56.956
	Desember	28.828	28.128	56.956
	Total	327.824	327.227	655.051
2019	Januari	28.822	28.827	57.649
	Februari	28.822	28.827	57.649
	Maret	28.822	28.828	57.650
	April	28.822	28.828	57.650
	Mai	28.828	28.828	57.656
	Juni	28.828	28.828	57.656
	Juli	28.822	28.828	57.650
	Agustus	28.828	28.828	57.656
	September	28.828	28.827	57.655

	Oktober	22749	22806	45.555
	November	24608	24864	49.472
	Desember	24907	24928	49.835
	Total	241.708	243.412	485.120
2020	Januari	26.290	26.412	52.702
	Februari	22.861	22.288	45.149
	Maret	14.718	14.027	28.745
	April	886	862	1.748
	Mei			
	Juni			
	Juli			
	Agustus			
	September			
	Oktober			
	November			
	Desember			
		Total	-	-

Data Jumlah Penumpang Kereta Api Medan – Kualanamu/ Kualanamu-Medan dari Tahun 2016-2020

Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan					
Tahun/Bulan	2016	2017	2018	2019	2020
Januari	54128	59485	73052	42439	52002
Februari	55383	56128	68768	39439	46589
Maret	62741	66495	82352	43140	30735
April	59441	65343	76061	40501	846
Mei	66434	71367	66627	31595	
Juni	49967	55928	55857	34747	
Juli	55697	70457	64558	42936	
Agustus	63238	72692	54391	46415	
September	61954	70595	54252	42382	
Oktober	65624	82518	54499	43153	
November	64814	78552	51305	48761	
Desember	64812	79206	46716	50630	

Variasi Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu/Kualanamu-Medan dengan menggunakan spss dari tahun 2016-2020

	N	Sum	Variance
2016	12	724233	28633161.295
2017	12	828766	77158223.788
2018	12	748438	124190258.333
2019	12	506138	28438075.606
2020	4	130172	527970490.000
Valid N (listwise)	4		

Mempartisi U menjadi panjang interval yang sama

$$\begin{aligned} \text{Range (R)} &= \text{Nilai Max} - \text{Nilai Min} \\ &= 582.100.662 - 2.336.937,606 \\ &= 525.763.724,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Interval, } K &= 1 + 3,3 * \text{Log}(N) \\ &= 1 + 3,3 * \text{Log}(5) \\ &= 1 + 3,3(0,699) \\ &= 1 + 2,3067 \\ &= 3,3067 \text{ dibulatkan menjadi } 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Interval } i &= \frac{R}{K} \\ &= \frac{525.763.724,4}{3,3067} \\ &= 158.999.523,51 \end{aligned}$$

Interval *fuzzy* menggunakan kepadatan frekuensi

U_i	Interval (I)	Jumlah Data	Jumlah sub Interval
U_1	2.336.937,606; 161.336.460,12	4	3
U_2	161.336.460,12; 320.335.982,63	0	1
U_3	320335982,63; 582.100.662	1	2

Interval *fuzzy* menggunakan kepadatan frekuensi berdasarkan pembagian

Himpunan Fuzzy	Interval	Lebar Interval
A1	2336937,606; -50.662.903,56	52999841,17
A2	-50.662.903,56; -103.662.744,73	52999841,17
A3	-103.662.744,73; 161.336.460,12	52999841,17
A4	161.336.460,12; 320.335.982,63	158999523,5
A5	320.335.982,63; 240.836.220,88	79499761,76
A6	240.836.220,88; 582.100.662	79499761,76

Fuzzified Jumlah Penumpang Kereta Api Medan-Kualanamu serta Variasi

Tahun	Jumlah Penumpang	variasi	<i>Fazzified</i> Variasi
2016	724.233	28.633.161,3	A ₁
2017	828.766	77.158.223,79	A ₁
2018	748.438	124.190.258,3	A ₁
2019	508.138	28.438.075,61	A ₁
2020	130.132	52.797.0490	A ₃

Relasi himpunana *Fuzzy*

Tahun	Jumlah Penumpang	Peramalan Jumlah Penumpang	Titik Tengah	Peramalan Persentase Perubahan Data	FRLG
2016	724.233		-24.162.982,98	407.207,8	A ₁ → A ₁ , A ₃
2017	828.766	5.245.858.616	-77.162.824,15	6.020.905.545	A ₁ → A ₁ , A ₃
2018	748.438	828.795	28.836.857,69	3,46778E - 08	A ₁ → A ₁ , A ₃
2019	508.138	748.440	240.836.221,4	240.836.219,4	A ₁ → A ₁ , A ₃
2020	130.132	510.679	280.586.101,8	0,5	A ₃ → A ₁ , A ₃
2021		182.874,9	411.468.441,4	182.874,9	

Menghitung Eroe EFER (*Aferage Forecasting Error Rate*) dan MSE (*Mean Square Error*) untuk mengetahui kesalahan peramalan.

$$MSE = \frac{1}{5} \sum_{t=1}^5 (A_i - F_i)^2$$

$$2016 \text{ MSE} = \frac{(724.233-0)^2}{5} = 104.902.687.657,8$$

$$2017 \text{ MSE} = \frac{(828.766-5.245.858.616)^2}{5} = 5,5$$

$$2018 \text{ MSE} = \frac{(748.438-828.795)^2}{5} = 1.291.449.489,8$$

$$2019 \text{ MSE} = \frac{(508.138-748.440)^2}{5} = 11.549.010.240,8$$

$$2020 \text{ MSE} = \frac{(130.132-280.586.101,8)^2}{5} = 155.999.985.616.409,9$$

$$2021 \text{ MSE} = \frac{(0-182.874,9)^2}{5} = 33.443.229.050,1$$

$$MSE = \frac{104.902.687.657,8 + 5,5 + 1.291.449.489,8 + 11.549.010.240,8 + 155.999.985.616.409,9 + 33.443.229.050,1}{6}$$

$$MSE = \frac{156.151.171.992.853,9}{6}$$

$$MSE = 2.60$$

$$AFER = \frac{1}{5} \sum_{t=1}^5 \left| \frac{(A_i - F_i)}{A_i} \right| \times 100\%$$

$$AFER \text{ 2016} = \frac{\left| \frac{724.233-0}{724.233} \right| \times 100}{5} = 0,2$$

$$AFER \text{ 2017} = \frac{\left| \frac{828.766-5.245.858.616}{828.766} \right| \times 100\%}{5} = -1.265,74$$

$$AFER \text{ 2018} = \frac{\left| \frac{748.438-828.795}{748.438} \right| \times 100\%}{5} = 149.687,38$$

$$AFER \text{ 2019} = \frac{\left| \frac{508.138-748.440}{508.138} \right| \times 100\%}{5} = -0,1$$

$$AFER \text{ 2020} = \frac{\left| \frac{130.132-280.586.101,8}{130.132} \right| \times 100\%}{5} = - 431,03$$

$$AFER \text{ 2021} = \frac{\left| \frac{0-182.874,9}{0} \right| \times 100\%}{5} = 0$$

$$AFER = \frac{0,2 + (-1.265,74) + 149.687,38 + (-0,1) + (- 431,03) + 0}{6}$$

$$AFER = \frac{147.990,71}{6}$$

$$AFER = 24.665,12$$

Lampiran 3. Grafik Jumlah Penumpang Kereta Api Medan – Kualanamu/Kualanamu-Medan dari Tahun 2016-2020.

