

Peramalan Jumlah Penumpang Kapal Laut Menggunakan Metode *Fuzzy Runtun Waktu Chen Orde Tinggi*

Rizki Adiputra^{1*}, Erna Tri Herdiani², dan Sitti Sahriman³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas MIPA,

Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia

* Corresponding author, email: riski.adiputra97@gmail.com

Abstract

The port has become an important part of people's lives. On certain days there is an increase in the number of ship passengers which can slow down operational activities from the port, thus causing a buildup of passengers at the port. therefore, the port must be prepared to deal with the buildup of passengers at the port. Based on this, the researchers made a prediction or forecasting the number of ship passengers at Makassar Soekarno Hatta Port in the coming period to find out how much the estimated number of passengers at Makassar Soekarno Hatta Port. The results of these studies can be input to the PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Makassar if there will be a surge in passengers in the future period. researchers used the fuzzy method of high order chen time series in forecasting or prediction in this study. The researcher divides the data onto training and testing data. The results of the study using fuzzy time series with the best high order chen are that the second order produces MAPE error size of 0,143, MSE 13470993,9 and MAE of 9478,52. The result of prediction of testing data onto one period in the future is 52.608.

Keywords: Fuzzy Time Series, High Order, Ship Passengers, Testing, Training.

Abstrak

Pelabuhan sudah menjadi bagian penting bagi kehidupan masyarakat. Pada hari-hari tertentu terdapat peningkatan jumlah penumpang kapal yang dapat memperlambat kegiatan operasional dari pelabuhan, maka menyebabkan terjadinya penumpukan penumpang di pelabuhan. oleh karena itu, pelabuhan harus siap sedia dalam mengatasi jika terjadinya penumpukan penumpang di pelabuhan. berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan prediksi atau *forecasting* jumlah penumpang kapal laut di Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar pada periode yang akan datang untuk mengetahui seberapa besar perkiraan jumlah penumpang di Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar. Hasil dari penelitian tersebut dapat menjadi masukan kepada instansi PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Makassar jika akan terjadi lonjakan penumpang pada periode ke depan. peneliti menggunakan metode *fuzzy runtun waktu chen orde tinggi* dalam melakukan peramalan atau prediksi pada penelitian ini. Peneliti membagi data menjadi data *training* dan *testing*. Hasil dari penelitian dengan menggunakan fuzzy runtun waktu chen orde tinggi terbaik adalah orde kedua menghasilkan ukuran error MAPE sebesar 0,143, MSE sebesar 13470993,9 dan MAE sebesar 9478,52. Hasil prediksi data testing satu periode kedepan adalah 52.608.

Kata Kunci: Fuzzy Runtun Waktu, Orde Tinggi, Penumpang Kapal, Testing, Training.

1. Pendahuluan

Peramalan merupakan proses memprediksi sesuatu dimasa depan menggunakan data dari masa lalu dan memproyeksikannya ke masa depan dengan menggunakan beberapa bentuk model matematis [1]. Langkah dalam metode peramalan secara umum yaitu

mengumpulkan data, menyeleksi dan memilih data, memilih model peramalan, menggunakan model terpilih untuk melakukan peramalan dan evaluasi hasil akhir [2]. Peramalan memiliki peran penting dalam pengambilan keputusan untuk waktu yang akan datang, seperti prediksi cuaca, penjadwalan staf, maupun dalam hal bisnis. Peramalan dengan menggunakan metode runtun waktu menggunakan data yang telah lalu dan data sekarang kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang [3].

Dalam melakukan peramalan perlu dilakukan analisis runtun waktu untuk memperoleh hasil peramalan. Analisis runtun waktu merupakan salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilitas keadaan yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Dasar pemikiran runtun waktu adalah pengamatan sekarang (z_t) dipengaruhi oleh satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (z_{t-n}); $n = 1, 2, 3, \dots$. Dengan kata lain, model runtun waktu dibuat karena secara Indikator ada korelasi antar deret pengamatan. Tujuan analisis runtun waktu antara lain memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan, dan mengoptimalkan kendali [4]. Data runtun waktu yaitu data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk melihat perkembangan suatu kegiatan (perkembangan penjualan, harga dan lain sebagainya), apabila data digambarkan akan menunjukkan fluktuasi dan dapat digunakan untuk menentukan trend yang dapat digunakan untuk dasar peramalan yang berguna untuk dasar perencanaan dan penarikan kesimpulan [5].

Fuzzy runtun waktu (FRW) merupakan metode peramalan data yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar perhitungannya. Kelebihan dari metode ini antara lain adalah dapat mengolah data yang tidak stasioner [6]. Pada tahun 2002, Chen memperkenalkan FRW Orde Tinggi dengan melakukan pengembangan pada langkah penentuan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) dengan melibatkan dua atau lebih data historis [7]. Setelah menelaah beberapa penelitian, terdapat beberapa penelitian yang berkaitan. Penelitian tentang FRW dengan metode Chen ini pernah dilakukan oleh Putra pada tahun 2017 pada kasus data jumlah penduduk [8], kemudian penelitian selanjutnya oleh Fauziah, Wahyuningsih, dan Nasution pada tahun 2016 dengan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan [9]. Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya ialah pada penelitian ini menggunakan orde tinggi.

Orde tinggi sendiri digunakan untuk mendapatkan nilai peramalan dengan tingkat akurasi yang terbesar. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, untuk meramalkan jumlah penumpang peneliti menggunakan metode FRW Chen orde tinggi menggunakan data jumlah penumpang PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Makassar dari bulan Januari 2013 – September 2019. Selanjutnya hasil peramalan tersebut akan diukur tingkat akurasinya menggunakan metode *Mean Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Square Error* (MSE)

2. Material dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yakni jumlah penumpang kapal laut dalam satuan per bulan yang diperoleh dari instansi PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) cabang Makassar, Sulawesi Selatan dari periode tahun 2013 hingga tahun 2019. Data yang diperoleh tersebut akan diolah dengan menggunakan metode *Fuzzy Runtun Waktu Metode Chen Orde Tinggi* yang diharapkan nantinya akan mendapatkan hasil peramalan pada beberapa periode yang akan datang secara akurat.

Konsep dasar FRW pertamakali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1994 [10], dimana nilai *fuzzy* runtun waktu direpresentasikan dalam himpunan *fuzzy*. Misal U adalah pembicaraan semesta dengan $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$, dimana u_i adalah nilai linguistik yang mungkin dari U kemudian sebuah himpunan *fuzzy* variabel linguistik A_i dari U didefinisikan sebagai berikut :

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \quad (1)$$

dengan μ_{A_i} merupakan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* A_i , sehingga $\mu_{A_i} \rightarrow [0,1]$. u_j merupakan elemen dari himpunan *fuzzy* dan $\mu_{A_i}(u_j)$ adalah derajat keanggotaan dari u_j pada A_i dengan $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Definisi 2.1. Misalkan himpunan semesta $Y(t) (t = \dots, 0, 1, 2, \dots, n, \dots)$ adalah subset dari R yang didefinisikan dengan himpunan *Fuzzy* A_i . Jika $F(t)$ terdiri dari $A_i (i = 1, 2, \dots, n, \dots)$. [11]

Definisi 2.2. Jika $F(t) = A_i$ dan $F(t - 1) = A_j$ maka hubungan antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$ disebut sebagai *fuzzy logical relationship (FLR)*. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan $A_i \rightarrow A_j$, dengan A_i disebut *left-hand side* dan A_j disebut *right-hand side* dari FLR. Jika terdapat dua FLR yang mempunyai himpunan *fuzzy* yang sama ($A_i \rightarrow A_{j_1}$) dan ($A_i \rightarrow A_{j_2}$), maka dapat dikelompokkan ke dalam *fuzzy logical relationship group (FLRG)* $A_i \rightarrow A_{j_1}, A_{j_2}$. [11]

Berikut beberapa langkah untuk menyelesaikan *fuzzy* runtun waktu [9] dengan menggunakan dua tahap yakni data *training* yaitu data yang digunakan untuk membentuk model terbaik dan data *testing* yang digunakan untuk mengevaluasi model. Berikut merupakan tahapannya :

- a. Pembentukan himpunan semesta (U) dengan menggunakan rumus

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \quad (2)$$

dengan D_1 dan D_2 merupakan nilai positif yang ditentukan oleh peneliti selama kedua nilai bilangan tersebut masih *real* positif. Nilai D_1 dan D_2 bertujuan untuk mempermudah dalam pembentukan interval.

- b. Menghitung jumlah interval panjang. Pada tahap ini, himpunan semesta U dipartisi (dibagi) menjadi beberapa bagian dengan interval (n) yang sama dengan menggunakan rumus *Sturges* berikut.

$$\text{Jumlah Interval} = 1 + (3,333 \log(n)) \quad (3)$$

$$\text{Panjang interval} = \frac{D_{max} - D_{min}}{\text{jumlah interval}} \quad (4)$$

- c. Menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U .

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

Aturan untuk menentukan derajat keanggotaan u_i adalah sebagai berikut :

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{u_{ij}} \quad (5)$$

dengan μ_{ij} adalah derajat keanggotaan u_{ij} milik A_i yang ditentukan :

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = j \\ 0.5, & \text{jika } j = i - 1 \text{ atau } i = j + 1 \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (6)$$

- d. Melakukan *fuzzifikasi* terhadap data historis. *Fuzzifikasi* merupakan proses mengidentifikasi data ke dalam *fuzzy set*. Jika sebuah data historis yang dikumpulkan termasuk ke dalam interval u_i , maka data tersebut difuzzifikasi ke dalam A_i .
- e. Menentukan *fuzzy logical relations* (FLR) dan *fuzzy logical relation group* (FLRG). FLR dan FLRG berdasarkan definisi 2.2
- f. Menghitung output yang akan diramalkan. Jika $F(t - 1) = A_i$, peramalan dari $F(t)$ dapat ditentukan dengan aturan-aturan sebagai berikut.
- i. Jika FLRG dari A_i adalah himpunan kosong ($A_i \rightarrow \emptyset$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_i yang merupakan titik tengah dari interval u_j adalah

$$F(t) = m_i \quad (7)$$

- ii. Jika FLRG dari A_i adalah himpunan satu ke satu ($A_i \rightarrow A_j, i, j = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah M_j yang merupakan titik tengah dari interval u_j adalah

$$F(t) = m_j \quad (8)$$

- iii. Jika FLRG dari A_i adalah himpunan satu ke banyak ($A_i \rightarrow A_1, A_3, A_5, i = 1, 2, \dots, n$), maka peramalan dari $F(t)$ adalah m_1, m_3, m_5 yang merupakan titik tengah dari interval u_1, u_3, u_5 adalah

$$F(t) = \frac{(m_1 + m_3 + m_5)}{3} \quad (9)$$

2.1. Penerapan *Fuzzy Runtun Waktu Orde Tinggi*

Pada penelitian ini, peneliti akan menerapkan *fuzzy runtun waktu* (FRW) orde tinggi pada algoritma Chen. FRW orde tinggi tetap sama dengan algoritma Chen sebelumnya, tetapi akan dikembangkan pada beberapa langkah agar dapat memberikan tingkat akurasi

peramalan yang baik. FRW orde tinggi algoritma Chen dalam perhitungan dibentuk FLR dengan melibatkan 2 atau lebih data historis yang disimbolkan dengan $(F(t), \dots, F(t - 2), F(t - 1))$. Orde dua yaitu dengan melibatkan 2 data historis $F(t - 2)$ dan $F(t - 1)$, sehingga terbentuk pengembangan FLRG berdasarkan data pengamatan $F(t - 2)$ dan $F(t - 1)$ [7]. Contohnya jika $F(t - 2) = A_i$, $F(t - 1) = A_j$ dan $F(t) = A_k$ maka FLR yang terbentuk adalah $A_i, A_j \rightarrow A_k$ yang merupakan penulisan FLR orde dua.

2.2. Akurasi Peramalan

Perhitungan *error* merupakan suatu cara untuk mengetahui ketepatan model yang telah diperoleh. Dengan perhitungan *error* dapat dilihat seberapa akurat data hasil peramalan dari model yang telah diperoleh dengan data aktualnya. Metode peramalan yang digunakan yaitu *Mean Percentage Error* (MAPE), *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebagai berikut. [12]

i. *Mean Absolute Error* (MAE) adalah rata rata mutlak dari kesalahan meramal.

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (10)$$

ii. *Mean Square Error* (MSE) adalah kuadrat rata rata kesalahan meramal.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (11)$$

iii. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah persentase rata rata absolut dari kesalahan meramal, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif.

$$PE_t = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \times 100 \quad (12)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (13)$$

dengan,

y_t = data aktual dari periode ke-t

\hat{y}_t = forecasting/ramalan dari periode ke-t

n = banyak data.

3. Hasil dan Diskusi

Langkah awal peneliti akan membagi ke data *training*, yaitu data yang digunakan untuk membentuk model terbaik dan data *testing* yang digunakan untuk mengevaluasi model. Tahap pertama, peneliti melakukan pembentukan himpunan semesta. Pembentukan himpunan semesta dibentuk dengan lambang U dengan definisi seperti pada persamaan (2), yaitu $U = [35.000;130.683]$. Kemudian himpunan U dibagi menjadi beberapa interval dengan menggunakan persamaan (3),(4) dan (5), yaitu $u_1 = [35.000;48.669]$, $u_2 = [48.669;62.338]$, $u_3 = [62.338;76.007]$, $u_4 = [76.007;89.676]$, $u_5 = [89.676;103.345]$, $u_6 = [103.345;117.014]$, $u_7 = [117.014;130.683]$. Tahap selanjutnya menentukan himpunan *fuzzy* untuk seluruh himpunan semesta U pada setiap data.

Berdasarkan aturan penentuan derajat keanggotaan pada persamaan (6) dan (7) maka himpunan *fuzzy* yang terbentuk sebagai berikut .

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\
 A_2 &= \left\{ \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\
 A_3 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\
 A_4 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\
 A_5 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{0}{u_7} \right\} \\
 A_6 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} \right\} \\
 A_7 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7} \right\}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan *fuzzifikasi* dan diperoleh hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Fuzzifikasi jumlah penumpang data *training*

| No | Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | Fuzzifikasi |
|----|-------|----------|------------------|-------------|
| 1 | 2013 | Januari | 79981 | A4 |
| 2 | | Februari | 64271 | A3 |
| 3 | | Maret | 59704 | A2 |
| 4 | | April | 54474 | A2 |
| 5 | | Mei | 54015 | A2 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 79 | 2017 | Oktober | 41465 | A1 |
| 80 | | November | 39981 | A1 |
| 81 | | Desember | 51665 | A2 |

Setelah dilakukan proses fuzzifikasi maka tahap selanjutnya adalah menentukan *fuzzy logic relations* (FLR) dan *fuzzy logic relations group* (FLRG) sesuai definisi 2.2. Langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu meramal jumlah penumpang kapal laut dengan menggunakan metode FRW orde tinggi untuk periode yang akan datang. Kemudian hasil peramalan tersebut dihitung tingkat akurasi dengan menggunakan MAPE, MSE dan MAE. Hasil dari peramalan diperoleh pada Tabel 2.

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa plot hasil peramalan yang diperoleh dengan menggunakan *fuzzy* runtun waktu chen orde satu memiliki pola yang cukup mirip dengan plot data asli jumlah penumpang. Untuk meramalkan data pada periode selanjutnya ditentukan dengan melihat FLR yang terbentuk pada periode sebelumnya. Pada orde satu penentuan nilai peramalan untuk periode yang akan datang dilakukan dengan cara melihat FLR pada periode sebelumnya dengan sisi kanan yang paling kanan. Kemudian cocokkan dengan FLRG yang sudah terbentuk. Misalnya pada periode

September 2019 variabel yang terbentuk FLR $A_3 \rightarrow A_3$, sehingga pada periode Oktober 2019 nilai peramalan yang digunakan yaitu pada Grup 3 dengan relasi $A_3 \rightarrow A_2, A_3, A_4$. Berikut merupakan Tabel hasil dari peramalan.

Tabel 2. *Fuzzy Logical Relationship (FLR) orde satu data training*

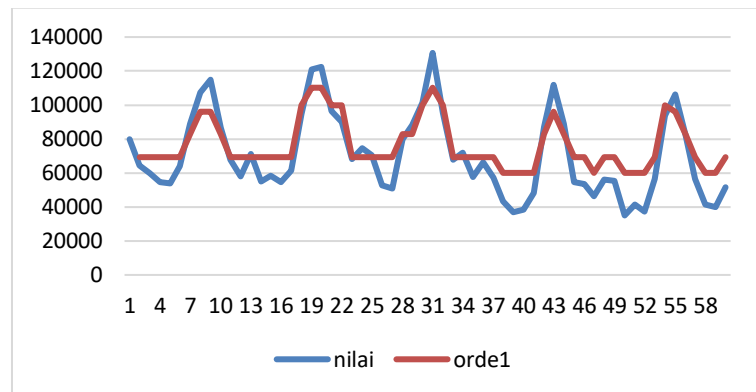
| Bulan | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Januari | | $A_2 \rightarrow A_3$ | $A_3 \rightarrow A_3$ | $A_3 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_2$ |
| Februari | $A_4 \rightarrow A_3$ | $A_3 \rightarrow A_2$ | $A_3 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_1$ | $A_2 \rightarrow A_1$ |
| Maret | $A_3 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_1 \rightarrow A_1$ | $A_1 \rightarrow A_1$ |
| April | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_4$ | $A_1 \rightarrow A_1$ | $A_1 \rightarrow A_1$ |
| Mei | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_4 \rightarrow A_4$ | $A_1 \rightarrow A_1$ | $A_1 \rightarrow A_2$ |
| Juni | $A_2 \rightarrow A_3$ | $A_2 \rightarrow A_5$ | $A_4 \rightarrow A_5$ | $A_1 \rightarrow A_4$ | $A_2 \rightarrow A_5$ |
| Juli | $A_3 \rightarrow A_4$ | $A_5 \rightarrow A_7$ | $A_5 \rightarrow A_7$ | $A_4 \rightarrow A_6$ | $A_5 \rightarrow A_6$ |
| Agustus | $A_4 \rightarrow A_6$ | $A_7 \rightarrow A_7$ | $A_7 \rightarrow A_5$ | $A_6 \rightarrow A_4$ | $A_6 \rightarrow A_4$ |
| September | $A_6 \rightarrow A_6$ | $A_7 \rightarrow A_5$ | $A_5 \rightarrow A_3$ | $A_4 \rightarrow A_2$ | $A_4 \rightarrow A_2$ |
| Oktober | $A_6 \rightarrow A_4$ | $A_5 \rightarrow A_5$ | $A_3 \rightarrow A_3$ | $A_2 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_1$ |
| November | $A_4 \rightarrow A_3$ | $A_5 \rightarrow A_3$ | $A_3 \rightarrow A_2$ | $A_2 \rightarrow A_1$ | $A_1 \rightarrow A_1$ |
| Desember | $A_3 \rightarrow A_2$ | $A_3 \rightarrow A_3$ | $A_2 \rightarrow A_3$ | $A_1 \rightarrow A_2$ | $A_1 \rightarrow A_2$ |

Tabel 3. *Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) orde satu data training*

| Grup | FLRG |
|------|---|
| 1 | $A_1 \rightarrow A_1, A_4, A_2$ |
| 2 | $A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ |
| 3 | $A_3 \rightarrow A_2, A_3, A_4$ |
| 4 | $A_4 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ |
| 5 | $A_5 \rightarrow A_3, A_5, A_6, A_7$ |
| 6 | $A_6 \rightarrow A_4, A_6$ |
| 7 | $A_7 \rightarrow A_5, A_7$ |

Tabel 4. Hasil nilai peramalan orde satu data training

| No | Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | Nilai Peramalan |
|----|-------|----------|------------------|-----------------|
| 1 | | Januari | 79.981 | |
| 2 | | Februari | 64.271 | 69.172,5 |
| 3 | 2013 | Maret | 59.704 | 69.172,5 |
| 4 | | April | 54.474 | 69.172,5 |
| 5 | | Mei | 54.015 | 69.172,5 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 79 | | Oktober | 41.465 | 60.059,83 |
| 80 | 2017 | November | 39.981 | 60.059,83 |
| 81 | | Desember | 51.665 | 69.172,5 |



Gambar 1. Plot *fuzzy* data *training* runtun waktu orde satu

Tabel 5. Hasil ramalan periode selanjutnya orde satu data *training*

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|----------|------------------|-------------------|---------------|
| 2017 | Desember | 51.665 | A1 → A2 | 69.172,5 |
| 2018 | Januari | | A2-A1,A2,A3,A4,A5 | 69.172,5 |

Berdasarkan Tabel 5 telah diperoleh peramalan untuk orde pertama. Selanjutnya, tahap penerapan orde tinggi ini melibatkan dua atau lebih data historis. Pada langkah pembentukan himpunan semesta dan pembentukan interval langkahnya sama seperti pada orde satu, yang membedakan dengan orde satu adalah dari penentuan *fuzzy logic relations* (FLR) dan *fuzzy logic relations group* (FLRG). Berikut hasil peramalan.

Tabel 6. Hasil ramalan periode selanjutnya orde dua data *training*

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|----------|------------------|-------------|---------------|
| 2017 | Desember | 51.665 | A1,A1→A2 | 48.669 |
| 2018 | Januari | | A1,A2→A2,A5 | 76.007 |

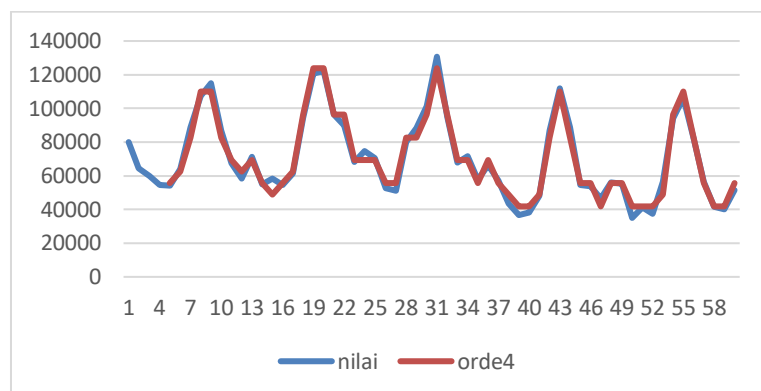
Tabel 7. Hasil ramalan periode selanjutnya orde tiga data *training*

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|----------|------------------|-------------|---------------|
| 2017 | Desember | 51.665 | A2,A1,A1→A2 | 48.669 |
| 2018 | Januari | | A1,A1,A2→A5 | 96.510,5 |

Tabel 8. Hasil ramalan periode selanjutnya orde empat data *training*

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|----------|------------------|----------------|---------------|
| 2017 | Desember | 51.665 | A4,A2,A1,A1→A2 | 73.217,14 |
| 2018 | Januari | | A2,A1,A1,A2→# | - |

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa tidak dapat meramalkan data untuk periode selanjutnya yang kemudian disimbolkan dengan (#). Dengan menggunakan orde keempat, karena relasi yang dihasilkan pada periode selanjutnya tidak terdapat pada grup-grup atau kelompok-kelompok yang telah ditentukan dalam FLRG orde empat. Jadi peramalan berhenti pada orde keempat.



Gambar 2. Plot *fuzzy* data *training* runtun waktu orde empat

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa plot hasil peramalan yang diperoleh dengan menggunakan *fuzzy* runtun waktu chen orde empat memiliki pola yang hampir sama dengan plot data asli jumlah penumpang. Setelah diperoleh nilai peramalan untuk setiap orde dan plot data orde empat. Selanjutnya akan dihitung nilai uji keakuratan untuk masing-masing tiap orde pada data *training*. Berikut hasil dari perhitungan nilai uji keakuratan.

Tabel 9. Hasil ukuran ketepatan peramalan data *training*

| <i>Error</i> | Jumlah Penumpang | | | |
|--------------|------------------|-----------|-------------|-------------|
| | Orde Satu | Orde Dua | Orde Tiga | Orde empat |
| MSE | 156979126,2 | 149745362 | 60365744,14 | 13567016,09 |
| MAPE | 0,90 | 0,155 | 0,095 | 0,0466 |
| MAE | 10605,047 | 9477,254 | 5851,063 | 8780,1587 |

Berdasarkan Tabel 9 telah diperoleh nilai uji keakuratan pada setiap orde dan diperoleh nilai cukup baik. Selanjutnya peramalan dengan menggunakan data *testing* caranya sama seperti pada pengolahan menggunakan data *training*. Hasil penelitian dari data *testing* dengan menggunakan data dari tahun 2018 sampai dengan September 2019 diperoleh sebanyak tiga orde dengan hasil nilai peramalan yang diperoleh sebagai berikut.

Tabel 10. Hasil ramalan periode selanjutnya orde pertama data *testing*.

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|-----------|------------------|----------|---------------|
| 2019 | September | 67.886 | A2 → A2 | 60.476 |
| | Oktober | | A2→A1,A2 | 60.476 |

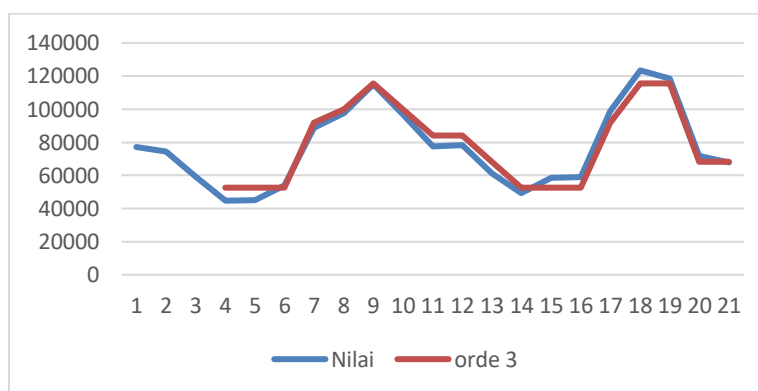
Tabel 11. Hasil ramalan periode selanjutnya orde kedua data *testing*.

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|-----------|------------------|----------|---------------|
| 2019 | September | 67.886 | A5,A2→A2 | 68.344 |
| | Oktober | | A2,A2→A1 | 52.608 |

Tabel 12. Hasil ramalan periode selanjutnya orde ketiga data *testing*.

| Tahun | Bulan | Jumlah Penumpang | FLR | Nilai Ramalan |
|-------|-----------|------------------|-------------|---------------|
| 2019 | September | 67.886 | A5,A5,A2→A2 | 68.334 |
| | Oktober | | A5,A2,A2→# | - |

Berdasarkan Tabel 12 dapat diketahui bahwa tidak dapat meramalkan data untuk periode selanjutnya yang kemudian disimbolkan dengan (#). Dengan menggunakan orde ketiga, karena relasi yang dihasilkan pada periode selanjutnya tidak terdapat pada grup-grup atau kelompok-kelompok yang telah ditentukan dalam FLRG orde 3. Jadi peramalan berhenti pada orde ketiga.



Gambar 3. Plot *fuzzy* data *testing* runtun waktu orde tiga

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa plot hasil peramalan yang diperoleh dengan menggunakan *fuzzy* runtun waktu chen orde tiga memiliki pola yang hampir sama dengan plot data asli jumlah penumpang. Setelah diperoleh nilai peramalan untuk setiap orde dan plot data orde tiga. Selanjutnya akan dihitung nilai uji keakuratan untuk masing-masing tiap orde pada data *testing*. Berikut hasil dari perhitungan nilai uji keakuratan.

Tabel 13. Hasil ukuran ketepatan peramalan data *testing*.

| <i>Error</i> | Jumlah Penumpang | | |
|--------------|------------------|-------------|------------|
| | Orde Satu | Orde Dua | Orde Tiga |
| MSE | 346127430,6 | 134709933,9 | 27225673,5 |
| MAPE | 0,231 | 0,143 | 0.068 |
| MAE | 14696,25 | 9478,52 | 4595,44 |

4. Kesimpulan

Peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy* runtun waktu chen orde tinggi ini dilakukan melalui dua tahapan uji analisis yakni uji data *training* dan *testing*. Data *training* digunakan untuk membentuk model terbaik dan data *testing* yang digunakan untuk mengevaluasi model. Hasil dari penelitian dengan menggunakan *fuzzy* runtun waktu chen orde tinggi adalah orde kedua dengan jumlah penumpang pada periode Oktober 2019 yang akan datang sebanyak 52.608 penumpang. Ukuran ketepatan peramalan jumlah penumpang kapal dengan menggunakan metode MAE (Mean Absolute Error), MAPE (Mean Percentage Error), MSE (Mean Squared Error) diperoleh 134709933,9 untuk MSE 0,143 untuk MAPE dan 9478,52 untuk MAE

Daftar Pustaka

- [1] Heizer, Jay & Render, Barry. Manajemen Operasi, Buku 1 Edisi 9. Jakarta: Salemba Empat, 2009.
- [2] Dewi, U. *Model Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Egarch) Dan Penerapannya Pada Data Indeks Harga Saham (Studi Kasus Pada Saham Pt. Antam (Persero) Tbk)*. S1 Thesis, Universitas Negeri Yogyakarta, 2012.
- [3] Berutu, S. S. Peramalan Penjualan Dengan Metode *Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur*. Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [4] Makridakis, S. & Wheelwright, S. C. Metode dan Aplikasi Peramalan. Jakarta: Binarupa Aksara, 1999.
- [5] Supranto. Statistik teori dan aplikasi. Erlangga: Jakarta, 2001.
- [6] Lutvia, C. R., Dian, A., & Ahmad, K. *Fuzzy Time Series Saxena-Easo Pada Peramalan Laju Inflasi Indonesia*. Jurnal ILMU DASAR, Vol. 20 (1), 2019.
- [7] Chen, S.M. *Forecasting Enrollments Based on High-order Fuzzy Time Series*. *Cybernetics and Systems* 33 (1) : 1-16, 2002.
- [8] Putra, N. A. Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan *Fuzzy Time Series Model Chen* (Studi Kasus: Kota Tanjungpinang). Jurnal Skripsi. FT UMRAH, 2017.
- [9] Fauziah, N., Sri, W., & Yuki, K. N. Peramalan Menggunakan *Fuzzy Time Series Chen* (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). Jurnal Statistika. Vol. 4 (2) : 52-61, 2016.
- [10] Song, Q. & Chissom, B.S. *Forecasting enrollments with fuzzy time series part II, Fuzzy Sets and Systems*, 1-8, 1994.
- [11] Cheng, C. S. dkk. *Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting*. *Expert Systems with Applications*. 34 : 1126-1132, 2008.
- [12] Indriyo, G., & Najmudin, M. Ramalan Metode Rata-Rata Bergerak Berganda. Yogyakarta: BPF, 2000.