

MODEL AUTOMATIC CLUSTERING-FUZZY TIME SERIES-MARKOV CHAIN DALAM MEMPREDIKSI DATA HISTORIS JUMLAH MAHASISWA DI STAI AL MUHAMMAD CEPU 2020

Oleh:

Eko Haryono,¹ M. Syaihul Anwari,² Ibnu Hakim³

Abstraksi

Tujuan penelitian ini mengembangkan model peramalan Chen (2009) yang diadaptasi oleh Rahamini (2010) dalam menggunakan metode Automatic Clustering dan Relasi Logika Fuzzy dalam meramalkan jumlah pendaftar PMDK jurusan matematika di ITS Surabaya. Di sisi yang lain, penelitian terbaru mengenai fuzzy time series yaitu penelitian dari Tsaur (2012), yang meneliti tentang peramalan rate mata uang Taiwan dengan dolar Amerika menggunakan model fuzzy time series yang dikombinasikan dengan rantai Markov fuzzy time series dengan pembentukan automatic clustering dan proses peramalan akhir menggunakan konsep rantai Markov. Model tersebut digunakan untuk memprediksi jumlah mahasiswa STAI Al Muhammad Cepu di masa mendatang. Sedangkan model pembandingan yang digunakan yaitu fuzzy time series biasa. Untuk mengetahui seberapa akurat model yang dikembangkan, digunakan MAPE (Mean Average Percentage Error). Hasil penelitian yang diperoleh, model yang dikembangkan yaitu automatic clustering-fuzzy time series-Markov chain menghasilkan tingkat akurasi peramalan yang lebih akurat dibandingkan dengan fuzzy time series biasa. Model yang dikembangkan menghasilkan MAPE sebesar 14,51%, dan forecasting untuk jumlah mahasiswa tahun 2020 STAI Al Muhammad Cepu sejumlah 221 mahasiswa.

Kata kunci: *Automatic clustering-fuzzy time series-Markov chain, data historis*

¹ STAI Almuhammad Cepu

² STAI Almuhammad Cepu

³ STAI Almuhammad Cepu

A. PENDAHULUAN

Meramalkan suatu kejadian yang bersifat *uncertainty* merupakan pekerjaan yang tidak mudah, namun para pakar saat ini telah mencoba untuk mendekati dan mengembangkan teori-teori peramalan, dan yang paling banyak didiskusikan saat ini yaitu mengenai teori *fuzzy*. Menurut Kusumadewi (2002), teori *fuzzy* mempunyai beberapa kelebihan sebagai berikut:

1. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang kurang tepat.
4. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
5. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
6. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.⁴

Perkembangan mengenai teori *fuzzy* terhadap data time series, berawal dari karya Song dan Chissom (1991)⁵ edisi pertamanya, yang membahas peramalan pendaftaran dengan metode *fuzzy time series*, hingga Xihao dan Yimin (2009) menggabungkannya dengan metode *average*. Setelah itu ada Chen (2009)

yang meneliti mengenai *Automatic Clustering* dan Relasi Logika Fuzzy dalam meramalkan pendaftaran, dimana proses pembentukan klasternya sangat baik sehingga proses peramalannya lebih akurat.⁶

Penelitian Chen tersebut, diadaptasi oleh Rahamini (2010) dalam menggunakan metode *Automatic Clustering* dan Relasi Logika Fuzzy dalam meramalkan jumlah pendaftar PMDK jurusan matematika di ITS Surabaya⁷. Di sisi yang lain, penelitian terbaru mengenai *fuzzy time series* yaitu penelitian dari Tsaur (2012), yang meneliti tentang peramalan *rate* mata uang Taiwan dengan dolar Amerika menggunakan model *fuzzy time series* yang dikombinasikan dengan rantai Markov. Hasil penelitian tersebut lebih akurat dari pada Arima-Garch. Proses pendekatan terhadap teori peramalan di atas, selain saling mendukung namun juga bersifat kompetitif dalam mengaproksimasi hasil peramalan yang lebih akurat.

Berdasarkan perkembangan teori peramalan tersebut, penelitian ini menggabungkan model Song (1991) tentang *fuzzy time series*, Chen (2009) yang mempunyai kelebihan dalam pembentukan klaster dan interval, dan Tsaur (2012) yang proses *finishing* peramalannya menggunakan rantai Markov dan hasilnya lebih baik⁸.

⁴ Kusumadewi, Sri, *Analisis dan Design Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*, (Yogyakarta, Graha Ilmu, 2002)

⁵ Song, Qiang dan Chissom. B. S, *Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series*, (The Mid-South Educational Research Association 20th, Lexington, KY, November, 1991), 12-15.

⁶ Chen, S. M., Wang, N.Y. dan Nai Yi Wang (2009). *Forecasting Enrollments Using Automatic Clustering Techniques And Fuzzylogical Relationships*.11070-11076, 2009).36

⁷ Rahamini. *Peramalan Jumlah Mahasiswa Pendaftar Pmdk Jurusan Matematika Menggunakan Metode Automatic Clustering Dan Relasi Logika Fuzzy (Studi Kasus Di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya)*. (Skripsi, ITS 2010).

⁸ Tsaur, Reuy Chyn, *A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model with an Application to Forecast The*

Pengembangan teori pada penelitian ini akan diaplikasikan pada data jumlah mahasiswa STAI Al Muhammad Cepu. Sehingga judul lengkapnya adalah “*Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain dalam Memprediksi Data Historis Jumlah Mahasiswa STAI Al Muhammad Cepu 2020*”.

Rumusan Masalah

- a. Bagaimanakah memprediksi data historis jumlah mahasiswa tahun 2020 STAI Al Muhammad Cepu dengan menggunakan model *Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain* ?
- b. Bagaimanakah analisis perbandingan tingkat akurasi model *Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain* bila dibandingkan dengan *fuzzy time series* biasa?

Tujuan Penelitian

- a. Memprediksi data historis jumlah mahasiswa tahun 2020 STAI Al Muhammad Cepu menggunakan model *automatic clustering-model fuzzy time series-Markov chain*.
- b. Menganalisis perbandingan tingkat akurasi model *automatic clustering-fuzzy time series-Markov chain* dengan *fuzzy time series* biasa dalam memprediksi jumlah mahasiswa tahun 2020 STAI Al Muhammad Cepu.

Exchange Rate Between The Taiwan And Us Dollar, (International Journal of Innovative Computing, Information and Control. Volume 8, Number 7(B), 2012).16

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pengembangan model *forecaste..* Pengumpulan data sekunder dari STAI Al Muhammad cepu dengan interval waktu 10 tahun, kemudian dari data tersebut dibuatlah pola *forecast* berdasarkan aturan *Automatic Clustering* dan logika fuzzy yang kemudian untuk ketajaman dalam analisisnya menggunakan rantai markov:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa data sekunder jumlah mahasiswa yang diambil dari STAI Al Muhammad Cepu. Data yang dijadikan penelitian berupa data pertahun dalam interval waktu 10 tahun dari Januari 2010 hingga Desember 2020.

2. Algoritma Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain dalam Memprediksi Data Historis

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Menerapkan *automatic clustering* pada data historis ke suatu interval dan menghitung nilai tengah dari masing-masing interval .
- b. Mengasumsikan bahwa ada n interval $u_1, u_2, u_3, u_4, \dots, u_n$, kemudian mendefinisikan setiap himpunan *fuzzy* A_i , dimana $1 \leq i \leq n$, seperti berikut:

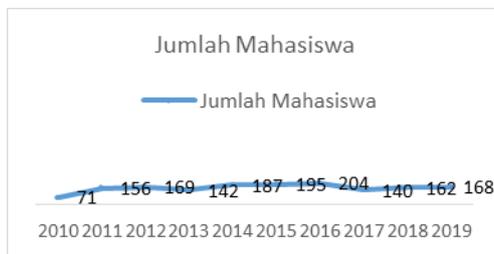
$$\begin{aligned}
 A_1 &= \{ 1/u_1, 0,5/u_2, 0/u_3, 0/u_4, \dots, 0/u_{n-1}, 0/u_n \} \\
 A_2 &= \{ 0,5/u_1, 1/u_2, 0,5/u_3, 0/u_4, \dots, 0/u_{n-1}, 0/u_n \} \\
 &\quad \quad \quad A_3 = \\
 &\quad \quad \quad \{ 0/u_1, 0,5/u_2, 1/u_3, 0,5/u_4, \dots, 0/u_{n-1}, 0/u_n \} \\
 &\quad \quad \quad \cdot \\
 &\quad \quad \quad \cdot \\
 &\quad \quad \quad \cdot \\
 &\quad \quad \quad A_n = \\
 &\quad \quad \quad \{ 0/u_1, 0/u_2, 0/u_3, 0/u_4, \dots, 0,5/u_{n-1}, 1/u_n \}
 \end{aligned}$$

- c. Fuzzyfikasi setiap data historis dari data menjadi himpunan fuzzy. Jika ada u_i , dimana $1 \leq i \leq n$, maka data tersebut difuzzyfikasi ke A_i .
- d. Membuat relasi logika fuzzy dari data historis pada langkah 3.
- e. Menghitung nilai peramalan, untuk data time series, digunakan relasi logika fuzzy kelompok, yang bisa diinduksi informasi probabilitas untuk state selanjutnya.
- f. Menyesuaikan kecenderungan nilai peramalan
- g. Hasil peramalan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Data.

Data yang didapatkan dari STAI Al Muhammad Cepu dalam interval waktu Januari 2010 hingga Desember 2019 disajikan dalam bentuk Grafik 4.1. Data tersebut kemudian digunakan dalam model peramalan yang dikembangkan dalam penelitian ini:



Grafik 1 Grafik data historis jumlah mahasiswa STAI Al Muhammad Cepu

Jumlah mahasiswa terbanyak terjadi pada tahun 2017 sebanyak 204, dan jumlah mahasiswa paling sedikit pada tahun 2010 sebanyak 71 mahasiswa.

2. Aplikasi Algoritma Model Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain

Aplikasikan model peramalan yang dikembangkan mengikuti beberapa tahapan. Tahapan yang pertama adalah menerapkan *automatic clustering* sebagaimana berikut⁹:

| No | Tahun | Jumlah Mahasiswa |
|----|-------|------------------|
| 1 | 2010 | 71 |
| 2 | 2011 | 156 |
| 3 | 2012 | 169 |
| 4 | 2013 | 142 |
| 5 | 2014 | 187 |
| 6 | 2015 | 195 |
| 7 | 2016 | 204 |
| 8 | 2017 | 140 |
| 9 | 2018 | 162 |
| 10 | 2019 | 168 |

- a. Menyortir data secara berurutan dari yang terkecil ke terbesar yang memiliki n data berbeda dan tidak ada data yang sama sebagaimana berikut:

$$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n.$$

71, 140, 142, 156, 162, 168, 169, 187, 195, 204

⁹ Chen, S M. dan Chia Ching Hsu, *A New Method to Forecast Enrollments Usin Fuzzy Time Series*, (International Journal of Applied Science and Engineering. 2, 3: 2004). 234-244.

Kemudian menghitung nilai “*avarage diff*”:

$$\begin{aligned} \text{Avarage_diff} &= \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (d_{i+1} - d_i)}{n-1} \\ &= \frac{\{(140 - 71) + (142 - 140) + (156 - 142) + (162 - 156) + (168 - 162) + (169 - 168) + (187 - 169) + (195 - 187) + (204 - 195)\}}{10} \\ &= \frac{(69 + 2 + 14 + 6 + 6 + 1 + 18 + 8 + 9)}{10} \\ &= \frac{133}{10} \\ &= 13,3 \end{aligned}$$

b. Membentuk kluster-kluster berdasarkan nilai “*avarage diff*” dan prinsip 2.1, prinsip 2.2, dan prinsip 2.3 sebagaimana di bawah ini:
 {71}, {140, 142}, {156}, {162, 168, 169}, {187}, {195}, {204}.

c. Berdasarkan hasil pada langkah ke-2, selanjutnya adalah menyesuaikan kembali interval-interval berdasarkan prinsip 2.4, 2.5, dan 2.6:
 {70-80}, {140-149}, {150-159}, {160-169}, {180-189}, {190-199}, {200-209}.

d. Mentransformasikan kluster-kluster pada langkah 3 ke dalam interval berdasarkan sub-langkah 2.1, 2.2, 2.3:

$$\begin{aligned} u_1 &= [70-80) \\ u_2 &= [140-149) \\ u_3 &= [150-159) \\ u_4 &= [160-169) \\ u_5 &= [180-189) \\ u_6 &= [190-199) \\ u_7 &= [200-209) \end{aligned}$$

e. Membagi setiap interval menjadi p sub-interval, diambil $p = 1$.

$$\begin{aligned} u_1 &= [70-80) \\ u_2 &= [140-149) \\ u_3 &= [150-159) \\ u_4 &= [160-169) \\ u_5 &= [180-189) \\ u_6 &= [190-199) \\ u_7 &= [200-209) \end{aligned}$$

f. Mengan *mid point* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} m_1 &= 70,5 \\ m_2 &= 144,5 \\ m_3 &= 154,5 \\ m_4 &= 164,5 \\ m_5 &= 184,5 \\ m_6 &= 194,5 \\ m_7 &= 204,5 \end{aligned}$$

Tahapan *kedua* adalah fuzzifikasi dengan mengasumsikan bahwa ada n interval $u_1, u_2, u_3, u_4, \dots, u_n$, kemudian mendefinisikan setiap himpunan *fuzzy* A_i , dimana $1 \leq i \leq n$, seperti berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{ \frac{1}{u_1}, \frac{0,5}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \dots, \frac{0}{u_{12}}, \frac{0}{u_{12}} \} \\ A_2 &= \{ \frac{0,5}{u_1}, \frac{1}{u_2}, \frac{0,5}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \dots, \frac{0}{u_{12}}, \frac{0}{u_{12}} \} \\ A_3 &= \{ \frac{0}{u_1}, \frac{0,5}{u_2}, \frac{1}{u_3}, \frac{0,5}{u_4}, \dots, \frac{0}{u_{12}}, \frac{0}{u_{12}} \} \\ &\vdots \\ A_{12} &= \{ \frac{0}{u_1}, \frac{0}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \dots, \frac{0,5}{u_{12}}, \frac{1}{u_{12}} \} \end{aligned}$$

Tahapan *ketiga*, berdasarkan himpunan *fuzzy* pada tahapan *kedua*, maka data historis kecelakaan lalu lintas di kota Malang bisa difuzzifikasi sebagaimana tabel 4.2. Sebagai ilustrasi contoh, misal data historis pada bulan Januari 2010 yaitu

15, karena 15 termasuk dalam interval u_3 , maka difuzzifikasi menjadi A_3 . Data pada bulan Februari 2010 adalah 9, maka difuzzifikasi menjadi A_1 .

Tahapan *keempat*, membuat relasi fuzzy. Misal, antara bulan Januari dan bulan Februari 2010, relasi fuzzy-nya bisa dikonstruksi menjadi " $A_2 \rightarrow A_1$ ", dengan A_2 sebagai state saat ini, dan A_1 sebagai state selanjutnya. Relasi fuzzy tersebut, kemudian dikelompokkan, dimana relasi relasi fuzzy yang sama dimasukkan kedalam kelompok relasi fuzzy yang sama seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 2. Tabel fuzzifikasi data historis kecelakaan lalu lintas

| Tahun | Data Jumlah mahasiswa | Fuzzifikasi |
|-------|-----------------------|-------------|
| 2010 | 71 | A_3 |
| 2011 | 156 | A_1 |
| 2012 | 169 | A_2 |
| 2013 | 142 | A_5 |
| 2014 | 187 | A_3 |
| 2015 | 195 | A_6 |
| 2016 | 204 | A_2 |
| 2017 | 140 | A_7 |
| 2018 | 162 | A_4 |
| 2019 | 168 | A_1 |

Tabel 3. Tabel relasi fuzzy dan grup relasi fuzzy

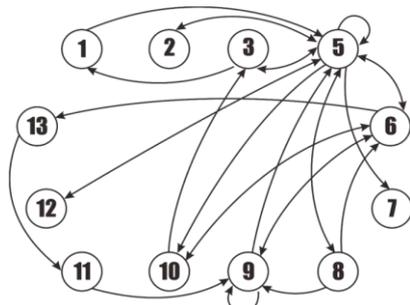
| Relasi Fuzzy | Grup Relasi fuzzy |
|-----------------------|-----------------------|
| $A_3 \rightarrow A_1$ | $A_3 \rightarrow A_1$ |
| $A_1 \rightarrow A_2$ | $A_1 \rightarrow A_2$ |
| $A_2 \rightarrow A_5$ | $A_2 \rightarrow A_5$ |
| $A_5 \rightarrow A_3$ | $A_5 \rightarrow A_3$ |
| $A_3 \rightarrow A_6$ | $A_3 \rightarrow A_6$ |
| $A_6 \rightarrow A_2$ | $A_6 \rightarrow A_2$ |
| $A_2 \rightarrow A_7$ | $A_2 \rightarrow A_7$ |

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| $A_7 \rightarrow A_4$ | $A_7 \rightarrow A_4$ |
| $A_4 \rightarrow A_1$ | $A_4 \rightarrow A_1$ |

Tahapan *kelima*, menghitung nilai peramalan dengan berdasarkan pada grup relasi fuzzy serta matrik probabilitas transisi state Markovnya sebagaimana aturan pada langkah 5 di bab II (F). Pada proses perhitungan peramalan dibutuhkan informasi data sebelumnya, maka proses peramalan dimulai pada 2010. Misalkan peramalan untuk Tahun 2020, proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F(t) &= \\
 &= m_1 P_{j_1} + m_2 P_{j_2} + \dots + \\
 &= m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t - \\
 &= 1) P_{jj} + m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots \\
 &+ m_n P_{jn} \\
 &= m_1 P_{31} + m_5 P_{35} \\
 &= (10,5)/3 + (150)2/3 \\
 &= 103,5
 \end{aligned}$$

Baris pertama merupakan rumus perhitungan peramalan secara umum, sedangkan untuk baris kedua didapatkan berdasarkan matrik probabilitas transisi Markov (*lampiran*), dimana state A_3 selain berpindah ke A_1 juga berpindah ke A_5 . Probabilitas perpindahan state A_3 ke A_1 sebesar 1/3 dan probabilitas perpindahan state A_3 ke A_5 sebesar 2/3. Sedangkan m_1 dan m_5 berturut turut adalah 9,5 dan 21, sehingga peramalannya dihasilkan 17,1. Untuk proses peramalan tahun-tahun yang lainnya hampir analog.



Gambar 1. Rantai Markov transisi peramalan data historis

Tahapan keenam adalah menyesuaikan kecenderungan nilai peramalan. Hubungan antara state-state ditunjukkan sebagaimana gambar 1. Tanda panah satu arah menandakan state bertransisi dari asal pangkal panah ke ujung panah, misal state 1 bertransisi ke state 5 tidak berlaku sebaliknya. Sedangkan tanda panah dua arah, menunjukkan antar state saling berkomunikasi seperti state 2 dan 5. Berdasarkan aturan langkah 6 pada bab II (F), misal untuk tahun 2010, karena state bertransisi dua langkah mundur dari A_3 ke A_1 maka nilai penyesuaiannya sebagai berikut:

$$L = (1 + 3,2 + 3,6)/3 = 2,6$$

Penyesuaian nilai peramalan untuk tahun-tahun selanjutnya yang lainnya sebagaimana Tabel 4.5 pada kolom ke-4 dan ke-9. Terakhir, langkah ketujuh adalah menjumlahkan/mengurangi hasil peramalan dengan nilai penyesuaian peramalan. Pada kasus di atas, nilai penyesuaian $L = 2,6$, karena state bergerak mundur, maka berdasarkan aturan langkah 7 Bab II (F) perhitungan langkah ketujuh adalah $F'(t) = F(t) - \left(\frac{L}{2}\right) 2 = 17,1 - 2,6 = 14,5$.

Secara keseluruhan hasil peramalan akhir ditunjukkan Tabel 4.5 kolom ke 5 dan 10.

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini yaitu model *automatic clustering fuzzy time series markov chain*. Untuk proses perhitungan tingkat akurasi kedua model digunakan *mean square percentage error* (MAPE) sebagaimana berikut:¹⁰

1. *Automatic Clustering Fuzzy Time Series Markov Chain*

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|F(t) - F'(t)|}{F(t)} \times 100\%$$

$$= \frac{1}{38} \left(\frac{|9-14,5|}{9} + \frac{|17-21|}{17} + \frac{|18-21,73|}{18} + \frac{|15-16,31|}{15} + \frac{|18-21,09|}{18} + \frac{|10-14,7|}{10} + \frac{|18-21|}{18} + \frac{|19-22,2|}{19} + \frac{|20-22,67|}{20} + \frac{|17-23,14|}{17} + \frac{|22-21,73|}{22} + \frac{|20-30,58|}{20} + \frac{|25-24,5|}{25} + \frac{|45-39,65|}{45} + \frac{|35-34,6|}{35} + \frac{|31-31,9|}{31} + \frac{|19-16,75|}{19} + \frac{|23-22,63|}{23} + \frac{|28-30,75|}{28} + \frac{|24-21,22|}{24} + \frac{|33-33,14|}{33} + \frac{|15-11,75|}{15} + \frac{|17-21,09|}{17} + \frac{|37-34,81|}{37} + \frac{|21-21|}{21} + \frac{|24-23,61|}{24} + \frac{|18-25,04|}{18} + \frac{|28-28,7|}{28} + \frac{|30-27,35|}{30} + \frac{|31-24,5|}{31} + \frac{|25-20,75|}{25} + \frac{|33-34,19|}{33} + \frac{|25-17,22|}{25} + \frac{|19-28,4|}{19} + \frac{|25-27,67|}{25} + \frac{|32-31,9|}{32} + \frac{|17-17|}{17} + \frac{|27-27,13|}{27} \right) 100\%$$

$$= \frac{1}{38} (5,514) 100\% = 14,51\%$$

¹⁰ Sasu, Adela, *An Application of Fuzzy Time Series to the Romanian Population*. (Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Vol 3(52) Seri ke-3,2010). 6.

2. *Fuzzy Time Series*

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y(t) - F'(t)|}{Y(t)} \times 100\%$$

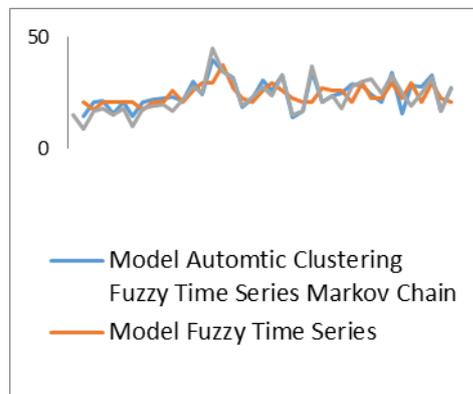
$$= \frac{1}{38} \left(\frac{|9-20,8|}{18-20,83} + \frac{|17-17,5|}{15-20,83} + \frac{|18-20,83|}{18-20,83} + \frac{|15-20,83|}{10-20,83} + \frac{|18-17,5|}{18-20,83} + \frac{|19-20,83|}{17-25,83} + \frac{|18-20,83|}{22-20,83} + \frac{|17-25,83|}{28-25,83} + \frac{|22-29,5|}{45-29,5} + \frac{|35-37,5|}{31-27,5} + \frac{|45-29,5|}{19-22,5} + \frac{|23-20,8|}{28-25,83} + \frac{|19-29,5|}{24-29,5} + \frac{|17-20,8|}{33-25,83} + \frac{|15-22,5|}{21-27,5} + \frac{|17-20,8|}{24-25,83} + \frac{|18-25,83|}{28-20,8} + \frac{|30-29,5|}{31-22,5} + \frac{|25-22,5|}{19-29,5} + \frac{|33-29,5|}{25-20,8} + \frac{|25-29,5|}{32-29,5} + \frac{|17-22,5|}{17} + \frac{|27-20,8|}{27} \right)$$

$$= \frac{1}{38}(9,216)100\% = 24,25\%$$

Berdasarkan perhitungan MAPE untuk kedua model di atas terlihat bahwa model *automatic clustering-fuzzy time series-Markov chain* memiliki tingkat prosentase error yang lebih kecil dibandingkan *fuzzy time series* biasa, dengan kata lain model yang pertama memiliki tingkat akurasi lebih baik dari pada yang kedua. Hal ini disebabkan beberapa faktor; pertama adalah pembentukan klaster dan interval pada model yang pertama lebih halus dan penyortiran

data berdasarkan kesamaan atau perbedaan dari suatu data. Kedua, konsep probabilitas saat menghitung peramalan, dimana probabilitas suatu state bergerak ke state yang lain berdasarkan grup relasi fuzzy. Ketiga, penyesuaian nilai peramalan, dimana saat suatu state yang bertransisi lebih dari dua state baik maju atau mundur, disesuaikan kembali nilai peramalannya, sehingga menghasilkan nilai yang lebih halus dan lebih mendekati data historis.

Secara grafis, perbandingan kedua model di atas dalam mengaproksimasi data historis ditunjukkan grafik di bawah ini. Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa data historis didekati dengan dua model peramalan; model pertama yaitu *automatic clustering-fuzzy time series-Markov chain* dan model kedua *fuzzy time series* biasa. Terlihat bahwa grafik pada model pertama lebih mendekati data historis dibandingkan model kedua. Hal ini sejalan dengan perhitungan MAPE kedua model di atas.



Gambar 2. grafik perbandingan kedua model

D. SIMPULAN

Berdasarkan pada analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka ada dua poin kesimpulan dalam penelitian ini:

1. Prediksi jumlah mahasiswa STAI Al Muhammad Cepu tahun 2020 dengan menggunakan model *Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain* adalah sebanyak 221 mahasiswa.
2. Model *Automatic Clustering-Fuzzy Time Series-Markov Chain* memiliki tingkat akurasi (MAPE: 14,51%).

*Penulis adalah
Dosen Statistik
STAI Al Muhammad Cepu*

Bibliografi:

- Arikunto, Suharsimi, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta, Rineka Cipta, 2010.
- Chen, S. M., Wang, N.Y. dan Nai Yi Wang, *Forecasting Enrollments Using Automatic Clustering Techniques And Fuzzylogical Relationships*, International Journal of Applied Science and Engineering 11070-11076, 2009.
- Chen, S M. dan Chia Ching Hsu, *A New Method to Forecast Enrollments Usin Fuzzy Time Series*. International Journal of Applied Science and Engineering, 2, 3: 234-244, 2004.
- Chen, S.H. dan H. R. Hasio, *A New Approach for Fuzzy Query Processing Based on Automatic Clustering Techniques*. Information and Maganement Sciences, Volume 18, Number 3, pp. 223-240, 200, 2007.
- Klir, George. J. dan Bo Yuan, *Fuzzy Set and Fuzzy Logic: Theory and Application*. Canada, Prentice Hall PTR, 1995.
- Kurniawan, Robert..” *Metode Automatic Clustering - fuzzy logic Relationships untuk Peramalan Data Univariate*”, Tesis, ITS,2011.
- Kusumadewi, Sri,*Analisis dan Design Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2002.
- Sunarko, S. Zaki, dan A. Waris. *Application of Euler Lagrange Method in Spatial Estimation of Pollutant in Advection Dominant Condition*. International Conference on Advances in Nuclear Science and Engineering in Conjunction with LKSTN, 345-349, 2007.
- Kusumadewi, Sri, dan Hari Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2002.
- Qudrotullah, Farhan,. *Diktat Kuliah Metode Statistika*, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2008.
- Rahamini, *Peramalan Jumlah Mahasiswa Pendaftar Pmdk Jurusan Matematika Menggunakan Metode Automatic Clustering Dan Relasi Logika Fuzzy (Studi Kasus Di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*. Surabaya, ITS .2010.
- Sasu, Adela, *An Application of Fuzzy Time Series to the Romanian Population*, Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Vol 3(52) – 2010 Seri ke-3, 2010.

Sheldon, Roos. M, *Introduction Probability Model: 9 Edition*, California, Akademi Prees. 2007.

Song, Qiang dan Chissom. B. S, *Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series*. The Mid-South Educational Research Association (20th, Lexington, KY, November). 12-15, 1991.

Susilo, Frans.. *Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2006.

Tsaur, Reuy Chyn.. *A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model with an Application to Forecast The Exchange Rate Between The Taiwan And Us Dollar*. International Journal of Innovative Computing, Information and Control. Volume 8, Number 7(B). 2012.

<https://ejournal.staiamc.ac.id/index.php/annuur>
Ejournal AN NUUR, vol 11.No 2 (2021)
Cetak: 1979-7974, Online: 2829-6230