

# Model Ruey Chyn Tsaur Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Pendaftaran Mahasiswa Baru

Ica Admirani

Teknik Komputer; Politeknik Negeri Sriwijaya; Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang – Indonesia  
30139

Email: [ica\\_admirani@polsri.ac.id](mailto:ica_admirani@polsri.ac.id)

## ***Abstrak***

*Dalam perencanaan akademik pada suatu Perguruan Tinggi dibutuhkan prediksi jumlah mahasiswa baru. Untuk mengetahui prediksi pendaftaran mahasiswa baru bisa dilakukan dengan metode prediksi fuzzy time series. Metode fuzzy time series merupakan salah satu metode yang menggunakan kecerdasan buatan dengan kemampuan untuk dapat menangkap pola dari data yang telah lalu untuk memprediksi data yang akan datang. Prosesnya juga tidak membutuhkan sistem yang rumit, sehingga fuzzy time series ini lebih mudah untuk digunakan. Pada penelitian ini diterapkan metode Fuzzy Time Series model Ruey Chyn Tsaur untuk prediksi pendaftaran mahasiswa baru, dimana pembagian interval dilakukan sebanyak dua kali (twice-divided) dan dilakukan pembobotan untuk proses prediksi. Dari hasil prediksi diperoleh nilai simpangan (error) sebesar 8,48%. Hasil ini menunjukkan kalau model ini bisa digunakan untuk prediksi jangka panjang.*

*Kata Kunci : Prediksi, Fuzzy Time Series, Twice-divided, Pembobotan*

## ***Abstract***

*In academic planning at a university, it is necessary to predict the number of new students. To find out forecasting of new student enrollment, forecasting method of fuzzy time series can be done. Fuzzy time series method is a method that uses artificial intelligence with the ability to capture patterns from past data to forecast future data. The process also doesn't require a complicated system, so this fuzzy time series is easier to use. In this study, Ruey Chyn Tsaur model fuzzy time series method is applied to forecast new student enrollments, where the interval division is done twice (twice-divided) and weighting is carried out for forecasting process. From forecasting results, the deviation value (error) was 8.48%. These results indicate this model can be used for long-term forecasting.*

*Keywords: Forecasting, Fuzzy Time Series, Twice-divided, Weighting*

## 1. PENDAHULUAN

Pada suatu perguruan tinggi, mahasiswa merupakan salah satu komponen penting. Jika pada perguruan tinggi tersebut tidak mempunyai mahasiswa atau hanya memiliki sedikit mahasiswa maka proses pembelajaran tidak akan berjalan dengan baik [6]. Untuk mendapatkan mahasiswa, setiap tahunnya perguruan tinggi baik negeri maupun swasta membuka pendaftaran mahasiswa baru untuk masuk ke kampus tersebut.

Politeknik Negeri Sriwijaya merupakan salah satu perguruan tinggi yang setiap tahun ajaran baru membuka pendaftaran mahasiswa baru untuk masuk ke kampus tersebut. Dalam proses penerimaan mahasiswa baru di Politeknik Negeri Sriwijaya dibagi kedalam beberapa sebaran diantaranya jalur PMDK-PN, Bidik misi, UMPN dan UMM. Dari sebaran penerimaan mahasiswa baru ini dapat dilihat banyaknya jumlah pendaftar. Data pendaftaran mahasiswa baru tersebut dapat digunakan untuk perencanaan akademik perguruan tinggi.

Perencanaan akademik merupakan bagian penting yang perlu dilakukan untuk merencanakan proses pembelajaran. Dalam melakukan perencanaan proses pembelajaran pada suatu Perguruan Tinggi dibutuhkan prediksi jumlah mahasiswa baru [5]. Untuk mengetahui prediksi pendaftaran mahasiswa baru

bisa dilakukan dengan metode prediksi *fuzzy time series*. Prediksi metode *fuzzy time series* merupakan salah satu metode yang menggunakan kecerdasan buatan dengan kemampuan untuk dapat menangkap pola dari data yang telah lalu untuk memprediksi data yang akan datang. Prosesnya juga tidak membutuhkan sistem yang rumit, sehingga *fuzzy time series* ini lebih mudah untuk digunakan [7]. Pemodelan time series dengan menggunakan kecerdasan buatan ini mampu mempelajari perilaku data yang ada untuk memperoleh prediksi yang lebih akurat.

*Fuzzy time series* pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 untuk memprediksi data pendaftaran mahasiswa di Universitas Alabama dengan menerapkan model *time-invariant fuzzy time series* [2] yang menunjukkan penyimpangan hasil prediksi yang relatif kecil dan dengan bertambahnya waktu maka nilai penyimpangan juga semakin mengecil, hal ini mengindikasikan bahwa model *time invariant fuzzy time series* yang dikembangkan memiliki ketahanan yang baik karena pengalaman dan ilmu pengetahuan manusia telah dimasukkan ke dalam permodelan meskipun data historikal yang dimiliki kurang akurat [3].

Metode *Fuzzy Time Series* terus mengalami perkembangan dengan berbagai model untuk mengatasi permasalahan data time series yang sangat non-stasioner dan tidak pasti diantaranya adalah model *Adaptive Fuzzy Time Series* yang di kembangkan oleh Tsaur untuk memprediksi pendaftaran mahasiswa universitas Alabama dan prediksi jumlah kunjungan turis di Taiwan, kemudian membandingkannya dengan beberapa model dari metode *fuzzy time series* yang telah dikembangkan sebelumnya. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa model yang dikembangkan oleh Tsaur ini memiliki nilai *error* yang lebih kecil atau dengan kata lain memiliki hasil perhitungan yang lebih akurat dibandingkan model lainnya [8][9]. Model *adaptive fuzzy time series* atau biasa juga dikenal dengan *fuzzy time series* model Tsaur digunakan juga untuk memprediksi kadar konsentrasi polutan PM10, dari hasil penelitian terhadap 30 data sampel konsentrasi polutan PM10 diperoleh hasil simpangan (*error*) sebesar 1,87% [1].

Pada penelitian ini akan diterapkan metode *fuzzy time series* model Ruey Chyn Tsaur untuk prediksi pendaftaran mahasiswa baru pada Politeknik Negeri Sriwijaya agar dapat membantu dan mempermudah dalam perencanaan akademik perguruan perguruan tinggi. Selain itu juga dapat digunakan sebagai pembanding dengan metode lain pada studi kasus prediksi pendaftaran mahasiswa baru.

## 2. METODE PENELITIAN

### Langkah-langkah Prediksi Model Ruey Chyn Tsaur Fuzzy Time Series

Model Ruey Chyn Tsaur *fuzzy time series* memiliki langkah-langkah prediksi sebagai berikut [1][11]:

**Langkah 1** : Menetapkan himpunan semesta (*universe discourse*)  $U$  dari data historis.

**Langkah 2** : Himpunan semesta  $U$  dibagi ke dalam beberapa interval yang sama.

**Langkah 3** : Interval pada langkah 2 dibagi ulang, apabila jumlah nilai *linguistic* yang dihasilkan masih besar dibanding jumlah rata-rata, maka nilai *linguistic* yang asli harus dibagi lagi menjadi setengah dari masing-masing. Dikarenakan data dalam nilai *linguistic* sangat banyak maka penggunaan *twice-divided* nilai *linguistic* untuk menampilkan data lebih dapat dipercaya daripada *once-divided* nilai *linguistic*.

**Langkah 4** : Menetapkan himpunan *fuzzy* (*fuzzy sets*) dalam semesta (*universe*)  $U$ .

**Langkah 5** : Dilakukan Fuzzyfikasi terhadap data historis dan dibuat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).

**Langkah 6** : Membuat *Fuzzy Logical Relation Groups (FLRG)* dan matrik tipe fluktuasi. Sebagai contoh, apabila  $A_2 \rightarrow A_1$ ,  $A_2 \rightarrow A_2$ ,  $A_2 \rightarrow A_1$ , dan dapat dijelaskan bahwa  $A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_1$ . Semua *FLRG* dibuatkan matrik tipe fluktuasi. Perkiraan *FLRG* dilakukan secara berturut-turut dan penempatan bobot ke dalam kecenderungan yang berbeda sebagai berikut :

- ( $t = 1$ )  $A_2 \rightarrow A_1$  dengan bobot 1,
- ( $t = 2$ )  $A_2 \rightarrow A_2$  dengan bobot 2,
- ( $t = 3$ )  $A_2 \rightarrow A_1$  dengan bobot 3,
- ( $t = 4$ )  $A_1 \rightarrow A_2$  dengan bobot 1,

*Fuzzy Logical Relation* ( $t=3$ ) menetapkan bobot tertinggi adalah 3, dimana kemungkinan titik tengah yang akan muncul selanjutnya lebih tinggi dari yang lain. Di sisi lain, *Fuzzy Logical Relation* ( $t=1$ ) ditetapkan bahwa bobot kurang dari 1, dimana kemungkinan titik tengah yang akan muncul selanjutnya lebih rendah dari yang lainnya. Sehingga dapat dibuat sebuah matrik tipe fluktuasi untuk semua *Fuzzy Logical Relations*.

**Langkah 7** : Penetapan Bobot.

Dikarenakan setiap *Fuzzy Relationship* untuk setiap data *Fuzzy Time Series* biasanya berulang  $r$  berdasarkan waktu  $\forall r \geq 1$ , maka kita dapat mengklasifikasinya dan memberikan alasan pembobotan sesuai dengan frekuensi. Matrik dari **langkah 6** merupakan standar dari  $W_n$ , kemudian kita dapat menetapkan matrik bobot sebagai berikut :

$$W_n(t) = [W_1, W_2, \dots, W_i] \tag{1}$$

$$\left[ \frac{w_1}{\sum_{k=1}^i w_k}, \frac{w_2}{\sum_{k=1}^i w_k}, \dots, \frac{w_k}{\sum_{k=1}^i w_k} \right]$$

**Langkah 8** : Penghitungan nilai prediksi

Berdasarkan **langkah 5**, diperoleh nilai prediksi sebagai berikut :

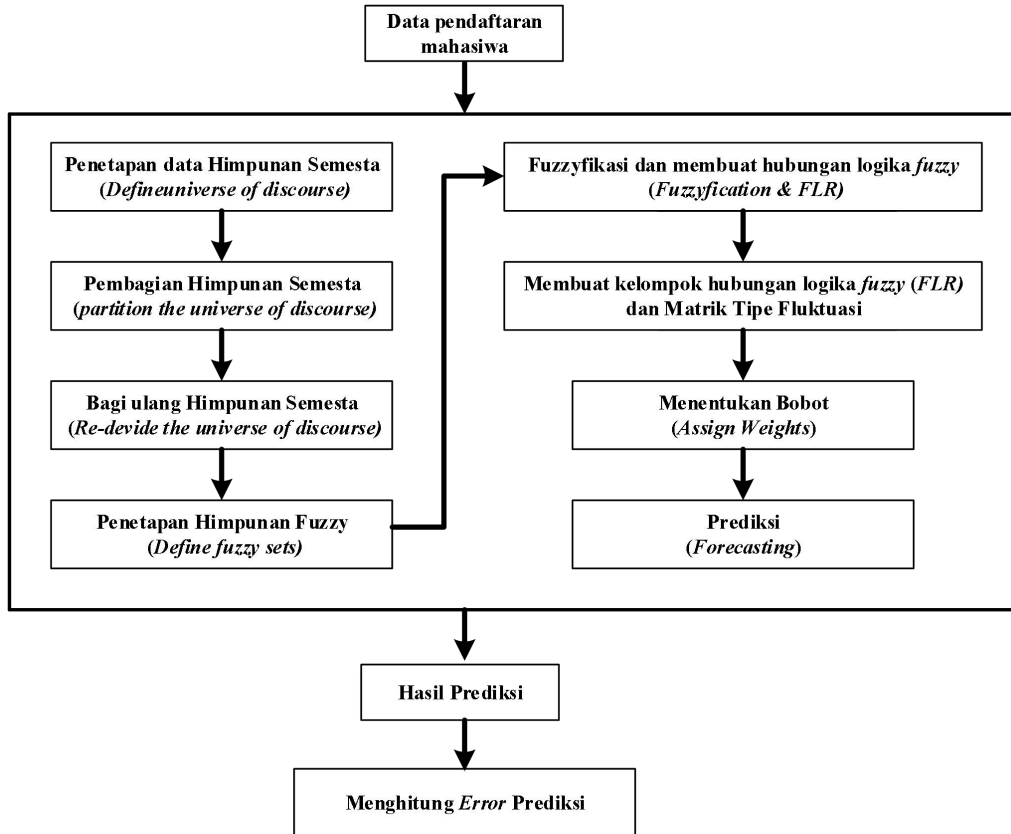
$$F(t) = L_{df}(t-1) \circ W_n(t-1) \tag{2}$$

Dimana  $L_{df}(t-1)$  adalah matrik defuzzyfikasi dan  $W_n(t-1)$  adalah matrik bobot.

**Langkah 9** : Pengujian metode *Fuzzy Time Series* yang diterapkan diukur dengan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan persamaan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Actual\ value(t) - Forecast(t)}{Actual\ value(t)} \right| \tag{3}$$

**Blok Diagram Prediksi Model Model Ruey Chyn Tsaur Fuzzy Time Series**



Gambar 1. Blok Diagram Prediksi Model Ruey Chyn Tsaur *Fuzzy Time Series*

Dari gambar 1. diatas dapat dilihat data historis pendaftaran mahasiswa baru dilakukan proses pengolahan data dengan model Ruey Chyn Tsaur *fuzzy time series* untuk prediksi pendaftaran mahasiswa sesuai dengan tahapannya masing-masing. Output atau hasil dari proses prediksi pendaftaran mahasiswa tersebut kemudian dihitung *error* prediksinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan data historis pendaftaran mahasiswa baru Politeknik Negeri Sriwijaya dari tahun 2004 sampai dengan 2019 dengan 16 data sampel seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Historis Pendaftaran Mahasiswa

No	Tahun	Jumlah Pendaftar
1	2004	3766
2	2005	4207
3	2006	3716
4	2007	4686
5	2008	4453

6	2009	5415
7	2010	6939
8	2011	8492
9	2012	8840
10	2013	8878
11	2014	9568
12	2015	9214
13	2016	13378
14	2017	13617
15	2018	16705
16	2019	15009

Dari data historis pendaftaran mahasiswa diperoleh nilai data terendah (Dmin) adalah 3716 dan nilai data tertinggi (Dmax) adalah 16705, kemudian dari nilai Dmin dan Dmax ditentukan  $D1 = 716$  dan  $D2 = 295$  sehingga diperoleh nilai himpunan semesta (*universe discourse*)  $U = [3000,17000]$ .

Selanjutnya semesta pembicaraan (*universe of discourse*)  $U$  dibagi ke dalam beberapa interval ( $u_i$ ) yang sama yaitu  $u1 = [3000,4000]$ ,  $u2 = [4000,5000]$ ,  $u3 = [5000,6000]$ ,  $u4 = [6000,7000]$ ,  $u5 = [7000,8000]$ ,  $u6 = [8000,9000]$ ,  $u7 = [9000,10000]$ ,  $u8 = [10000,11000]$ ,  $u9 = [11000,12000]$ ,  $u10 = [12000,13000]$ ,  $u11 = [13000,14000]$ ,  $u12 = [14000,15000]$ ,  $u13 = [15000,16000]$  dan  $u14 = [16000,17000]$ . Dari hasil pembagian tersebut diperoleh jumlah data historis yang termasuk dalam masing-masing interval seperti pada Tabel 2

Tabel 2. Jumlah data historis dalam interval semesta pembicaraan

No	Interval ( $u_i$ )	Jumlah
1	$u1$	2
2	$u2$	3
3	$u3$	1
4	$u4$	1
5	$u5$	0
6	$u6$	3
7	$u7$	2
8	$u8$	0
9	$u9$	0
10	$u10$	0
11	$u11$	2
12	$u12$	0
13	$u13$	1
14	$u14$	1

Dilakukan pembagian ulang menjadi setengah dari nilai interval terhadap jumlah data historis yang lebih besar dibanding jumlah interval dibagi dua dari pembagian himpunan semesta pertama, yaitu  $14/2 = 7$ . Dari interval tabel 2 terlihat bahwa tidak ada jumlah keanggotaan lebih dari besar dari 7, sehingga interval tetap sebanyak 14 karena tidak ada interval

yang dibagi ulang. Selanjutnya ditentukan nilai tengah dari masing-masing interval yaitu  $m_1=3500, m_2=4500, m_3=5500, m_4=6500, m_5=7500, m_6=8500, m_7=9500, m_8=10500, m_9=11500, m_{10}=12500, m_{11}=13500, m_{12}=14500, m_{13}=15500$  dan  $m_{14}=16500$ .

Setelah penetapan interval semesta pembicaraan, selanjutnya menentukan keanggotan *fuzzy sets* A dari himpunan semesta yaitu  $A_1=[3000,4000], A_2=[4000,5000], A_3=[5000,6000], A_4=[6000,7000], A_5=[7000,8000], A_6=[8000,9000], A_7=[9000,10000], A_8=[10000,11000], A_9=[11000,12000], A_{10}=[12000,13000], A_{11}=[13000,14000], A_{12}=[14000,15000], A_{13}=[15000,16000]$  dan  $A_{14}=[16000,17000]$ . Dengan diketukannya keanggotan *fuzzy sets* A, maka dilakukan *fuzzifikasi* terhadap data historis seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Fuzzifikasi data historis pendaftaran mahasiswa

No	Waktu	Data Aktual	Fuzzifikasi
1	2004	3766	A1
2	2005	4207	A2
3	2006	3716	A1
4	2007	4686	A2
5	2008	4453	A2
6	2009	5415	A3
7	2010	6939	A4
8	2011	8492	A6
9	2012	8840	A6
10	2013	8878	A6
11	2014	9568	A7
12	2015	9214	A7
13	2016	13378	A11
14	2017	13617	A11
15	2018	16705	A14
16	2019	15009	A13

Dari hasil fuzzifikasi ditentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) sebagai berikut  $A_1 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_2, A_2 \rightarrow A_3, A_3 \rightarrow A_4, A_4 \rightarrow A_6, A_6 \rightarrow A_6, A_6 \rightarrow A_6, A_6 \rightarrow A_7, A_7 \rightarrow A_7, A_7 \rightarrow A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{14}, A_{14} \rightarrow A_{13}$ . dan kemudian dibentuk kelompok hubungan logika *fuzzy* (*Fuzzy Logical Relationship Groups/FLRG*) yaitu :

- Group  $A_1 \rightarrow A_2, A_2$ .
- Group  $A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_3$ .
- Group  $A_3 \rightarrow A_4$
- Group  $A_4 \rightarrow A_6$
- Group  $A_6 \rightarrow A_6, A_6, A_7$
- Group  $A_7 \rightarrow A_7, A_{11}$
- Group  $A_{11} \rightarrow A_{11}, A_{14}$ .
- Group  $A_{14} \rightarrow A_{13}$

Dari pengelompokan hubungan logika *fuzzy* (FLRG) selanjutnya dibangun matrik tipe fluktuasi (*fluctuation-type matrix*) seperti pada tabel 4.

Tabel 4 Matrik tipe fluktuasi (*fluctuation-type matrix*)

P(t-1)	P(t)													
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>
A <sub>1</sub>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>2</sub>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>3</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
A <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
A <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>13</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>14</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Selanjutnya dilakukan pembobotan sesuai dengan frekuensi dari matrik tipe fluktuasi (*fluctuation-type matrix*), sebagai contoh dari Tabel 4 terdapat  $P(t-1)=A_2$ , maka prediksi untuk  $P(t)$  adalah  $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$  dari matrik pembobotan adalah  $[1/3, 1/3, 1/3]$ . Proses prediksi dilakukan terhadap setiap nilai data aktual. Berikut perhitungan untuk prediksi pendaftaran mahasiswa pada tahun 2008, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$F(2008) = L_d(2007) \circ W_n(2007).$$

$$F(2008) = [m_1, m_2, m_3] \circ \left[ \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right] = [3500, 4500, 5500] \circ \left[ \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right]$$

$$F(2008) = 4500.$$

Dimana  $L_d(2007)$  adalah hasil matrik defuzzifikasi dan  $W_n(2007)$  merupakan hasil matrik bobot. Adapun hasil prediksi terhadap data aktual pendaftaran mahasiswa dari tahun 2005 sampai dengan 2019 dengan 16 data sampel terdapat pada tabel 5.

Tabel 3 Fuzzyfikasi data historis pendaftaran mahasiswa

No	Waktu	Data Aktual	Hasil Prediksi
1	2004	3766	-
2	2005	4207	4500
3	2006	3716	4500
4	2007	4686	4500
5	2008	4453	4500
6	2009	5415	4500
7	2010	6939	6500
8	2011	8492	8500
9	2012	8840	8833,333

10	2013	8878	8833,333
11	2014	9568	8833,333
12	2015	9214	11500
13	2016	13378	11500
14	2017	13617	15000
15	2018	16705	15000
16	2019	15009	15500
17	2020	?????	15500

Dari hasil prediksi pendaftaran mahasiswa baru menggunakan *fuzzy time series* model Ruey Chyn Tsaur ini terdapat nilai simpangan (*error*) hasil prediksi sebesar 8,48% yang dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

#### 4. KESIMPULAN

Hasil prediksi pendaftaran mahasiswa baru dengan menggunakan 16 data sampel dievaluasi dengan menggunakan MAPE diperoleh nilai simpangan (*error*) sebesar 8,48%. Dari penelitian ini dapat terlihat bahwa model Ruey Chyn Tsaur fuzzy time series ini bisa digunakan untuk prediksi jangka panjang walaupun memiliki sampel data yang terbatas.

#### 5. SARAN

Sebaiknya dilakukan penambahan jumlah data sampel untuk mendapatkan hasil prediksi dengan nilai simpangan yang lebih kecil. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan perbandingan antara model Ruey Chyn Tsaur fuzzy time series ini dengan metode prediksi yang lain untuk mendapatkan hasil prediksi yang lebih akurat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada redaksi jurnal JUPITER yang telah memberi kesempatan kepada penulis sehingga artikel ini dapat diterbitkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aripin, A., Suryono, S., dan Surarso, B., 2016, Web Based Prediction Of Pollutant Concentration Using Ruey Chyn Tsaur Fuzzy Time Sries Model, AIP Conference Proceedings 1746, 020046.
- [2] Admirani, I., 2018, Penerapan Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Laba Pada Perusahaan, Jupiter, Vol 10, No. 1
- [3] Admirani, I., Gernowo, R., dan Suryono, S., 2016, Model Heuristic Time Invariant Fuzzy Time Series Dan Regresi Untuk Prediksi Laba Dan Analisis Variabel Yang



- [4] Mempengaruhi, Jurnal Sistem Informasi Bisnis, Vol 6, No. 2
- [5] Evriyantino, Y, Setiawan, B.D. dan Wihandika, R.C., 2019, Prediksi Permintaan Semen Dengan Metode Fuzzy Time Series, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 3 No. 9
- [6] Karmita, Sisie, dkk, 2018, Prediksi Jumlah Calon Mahasiswa Baru Menggunakan Fuzzy Time Series-Time Invariant, Prosiding Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Vol. 3 No. 1
- [7] Pamungkas, G.W., dan Kardian, A.R., 2013, Analisa Perkiraan Jumlah Penerimaan Mahasiswa Baru Dengan Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan SPSS17.0 Studi Kasus : STMIK JAKARTA (STI&K), *Jurnal Ilmiah Komputasi* Volume 12 No. 2
- [8] Robandi, I., 2006, *Desain Sistem Tenaga Modern, Optimasi, Logika Fuzzy dan Algoritma Genetika*, Andi, Yogyakarta.
- [9] Tsaur, R.C., Yang, J.C.O dan Wang, H.F., 2005, Fuzzy Relation Analysis in Fuzzy Time Series Model, "*International Journal of Computer and Mathematics with application*" Vol. 49 (2005) 539-548
- [10] Tsaur, R.C., dan Kuo, T.C., 2011, "The Adaptive fuzzy time series model with an application to Taiwan's tourism demand" "*International Journal of Expert System with Applications*, Vol. 38 (2011) 9164-9171
- [11] Wang, C.C., 2011, A comparison study between fuzzy time series model and ARIMA model for forecasting Taiwan export. *Expert Systems with Applications* 38, 9296–9304.