SAINTIFIK:
Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya **Vol.6, No.2, Juli 2020, pp. 158~164**
ISSN 2407-4098 (print) DOI:10.31605/saintifik.v6i2.262
ISSN 2622-8904 (online)

Time Series Fuzzy pada Peramalan Konstribusi Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga terhadap PDRB Kabupaten Majene

Muhammad Abdy*[1], Sukarna[2], Rahmawati[3]
[1,2]Jurusan Matematika FMIPA UNM Makassar; [3]Jurusan Matematika FMIPA Unsulbar
e-mail: *[1]muh.abdy@unm.ac.id

Abstrak

Time series fuzzy adalah metode peramalan yang didasarkan pada kerangka teori himpunan fuzzy. Metode ini dapat digunakan untuk peramalan dengan data historis bernilai linguistik. Dalam paper ini dibahas konsep dasar time series fuzzy beserta dengan algoritmanya. Pada bagian akhir paper ini, diberikan ilustrasi penerapan time series fuzzy dengan menggunakan data konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB kabupaten Majene.

Kata kunci*—Time series fuzzy, Konstribusi konsumsi rumah tangga, Data historis bernilai linguistik*

1. PENDAHULUAN

Time series fuzzy merupakan suatu metode peramalan dalam statistika yang didasarkan pada kerangka teori himpunan fuzzy. Model ini digunakan untuk peramalan dengan data histori yang mempunyai nilai-nilai linguistik. Metode ini telah banyak digunakan diberbagai bidang untuk peramalan data dinamik dan data non-linear (Lee, M. H, Efendi, R, Ismail, Z., 2009). Diantaranya peramalan index saham (K. Huarng, 2001, H-K. Yu, 2005, T.A Jilani & S.M.A. Burney, 2008, C.H. Cheng, T.L. Chen & C.H. Chiang, 2006, K. Huarng, Tiffany H-K Yu & Yu W-S, 2007, T.H.K. Yu & K.H. Huarng, 2008, H.H Chu, T.L. Chen, C.H. Cheng & C.C., Huang, 2009), peramalan masalah keuangan (C.H.L.Lee, A.Liu & W.S.Chen, 2006), masalah iklim (S.M. Chen, 2000), dan sebagainya. Konsep time series fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom (Q, Song & B. S. Chissom, 1993). Mereka menggunakan persamaan relasi fuzzy, dalam hal ini komposisi max-min, yaitu $A_i = A_{i-1} \circ R$ untuk mengkonstruksi konsep yang dibangunnya. Akan tetapi metode yang digunakan oleh Song dan Chissom memerlukan perhitungan yang panjang dan rumit untuk mendapatkan relasi fuzzy R. Kemudian Chen (S.M. Chen, 1996) memperbaiki kelemahan model Song dan Chissom dengan menyerderhanakan perhitungan aritmetika untuk memperbaiki operasi komposisi dan memperkenalkan grup-grup logika fuzzy untuk memperbaiki prediksi. Berbagai modifikasi yang lain dari model Song dan Chissom telah banyak dilakukan. Xihao dan Yimin (2008) memperkenalkan *average based length* dalam menentukan panjang interval untuk menaikkan akurasi ramalan. Ramli, dkk. (2018) menggunakan jarak ukuran similariti pusat gravity untuk menentukan error dari peramalan. Kemudian berbagai artikel mencoba mengubah bentuk himpunan fuzzy pada data histori dengan menggunakan bilangan fuzzy segitiga dan bilangan fuzzy trapezoid (Basyigit, A. I, Ulu, C, Guzelkaya, M, 2014, Mutalib, S. M, Ramli, N, Daud, M, 2018)

Dalam paper ini, model time series fuzzy Chen dengan beberapa modifikasinya digunakan untuk memprediksi persentase konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB kabupaten Majene setiap tahunnya. Dalam bagian kedua paper ini, diberikan konsep time series fuzzy, kemudian bagian selanjutnya diberikan langkah-langkah dalam time series fuzzy, dan bagian terakhir diberikan contoh penggunaanya dengan menggunakan data persentase konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB kabupaten Majene (BPS Kab. Majene)

2. KONSEP DASAR TIME SERIES FUZZY

Sebelum mendefinisikan time series fuzzy, terlebih dahulu diberikan definisi dasar himpunan fuzzy, sebagai berikut:

Misalkan S adalah suatu himpunan semesta, yaitu $S=\{s_1, s_2, ..., s_n\}$. Suatu himpunan fuzzy $\tilde{A}_i$ dalam himpunan semesta S didefinisikan sebagai $\tilde{A}_i = \{(s_1, \mu_{A_i}(s_1)), (s_2, \mu_{A_i}(s_2)), ..., (s_n, \mu_{A_i}(s_n))\}$, dimana μ_{A_i} adalah fungsi keanggotaan himpunan fuzzy $\tilde{A}_i$ dan $\mu_{A_i}(s_k)$ merupakan derajat keanggotaan s_k dalam himpunan fuzzy $\tilde{A}_i$, k = 1, 2, …, n. Selanjutnya didefinisikan time series fuzzy sebagai berikut (Song and Chissom, Chen S.M, Tsaur):

Definisi 1. Misalkan suatu subset dari R, yaitu $Y(t)$ $(t = ..., 0, 1, 2, ...)$, adalah suatu himpunan semesta dimana himpunan fuzzy $\tilde{A}_i$ didefinisikan. Jika $F(t)$ merupakan koleksi dari himpunan fuzzy $\tilde{A}_i$, maka $F(t)$ merupakan time series fuzzy (TFS) yang didefinisikan pada $Y(t)$ $(t = ..., 0, 1, 2, ...)$.

Dari definisi tersebut, $F(t)$ dapat dipandang sebagai suatu variabel linguistik dan $\tilde{A}_i$ nilai-nilai linguistik yang mungkin dari $F(t)$.

Definisi 2. Misalkan $F(t)$ hanya disebabkan oleh $F(t-1)$, maka relasi model orde-pertama $F(t)$ dapat dinyatakan sebagai $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$ dimana $R(t, t-1)$ adalah matriks relasi yang menggambarkan relasi fuzzy antara $F(t-1)$ dan $F(t)$, dan $\circ$ adalah operator max-min.

Relasi antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ dinyatakan dengan $F(t-1) \rightarrow F(t)$, relasi logik fuzzy antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ didefinisikan sebagai berikut:

Definisi 3. Misalkan $F(t) = A_i$ disebabkan oleh $F(t-1) = A_j$, maka relasi logik fuzzy dinyatakan sebagai $A_i \rightarrow A_j$

Misalkan suatu relasi logik fuzzy yang diperoleh dari keadaan A_k untuk suatu k tertentu, maka transisi yang dibuat ke keadaan lain A_j, j = 1, 2, …, n, dinyatakan sebagai $A_k \rightarrow A_1$, $A_k \rightarrow A_2$, …, $A_k \rightarrow A_n$. Relasi logik fuzzy ini dikelompokkan kedalam suatu kelompok relasi logik fuzzy, yang ditulis sebagai $A_k \rightarrow A_1, A_2, ..., A_n$

Definisi 4. Misalkan $F(t)$ suatu TSF. Jika untuk sebarang t, $F(t-1) = F(t)$ dan $F(t)$ hanya mempunyai elemen yang hingga, maka $F(t)$ disebut TSF time-invarian. Selain itu disebut TSF time-varian.

3. PROSEDUR MODEL TIME SERIES FUZZY

Prosedur time series fuzzy dapat didefinisikan langkah demi langkah sebagai berikut (Chen, S. M)

Langkah 1: Menentukan data historis

Langkah 2: Definisikan himpunan semesta S dari data histori, yaitu S = [D_{min} – D_1, D_{max} + D_2]. D_{min} dan D_{max} berturut-turut adalah nilai data terkecil dan nilai data terbesar dari data historis, dan D_1, D_2 nilai tertentu.

Langkah 3: Mempartisi S ke dalam interval-interval $u_1, u_2, ..., u_n$ yang sama panjang. Penentuan panjang interval dapat menggunakan aturan *average based length* (Xihao and Yimin, 2008)

Langkah 4: Definisikan himpunan fuzzy $A_1, A_2, ..., A_n$ pada himpunan semesta S. Himpunan fuzzy ini menyatakan variabel linguistik. Himpunan fuzzy A_i dapat didefinisikan sebagai berikut:

$A_1 = \{(u_1, 1), (u_2, 0.5), (u_3, 0), ..., (u_n, 0)\}$

$$A_2 = \{(u_1, 0.5), (u_2, 1), (u_3, 0.5), (u_4, 0), ..., (u_n, 0)\}$$
$$A_3 = \{(u_1, 0), (u_2, 0.5), (u_3, 1), (u_4, 0.5), ..., (u_n, 0)\}$$
$$A_4 = \{(u_1, 0), (u_2, 0), (u_3, 0.5), (u_4, 1), (u_3, 0.5), ..., (u_n, 0)\}$$
$$\vdots$$
$$A_{n-1} = \{(u_1, 0), ..., (u_{n-3}, 0), (u_{n-2}, 0.5), (u_{n-1}, 1), (u_n, 0.5)\}$$
$$A_n = \{(u_1, 0), ..., (u_{n-2}, 0), (u_{n-1}, 0.5), (u_n, 1)\}$$

Langkah 5. Memfuzzikan data histori. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan himpunan fuzzy yang sesuai untuk setiap data. Jika data time series yang diperoleh ada dalam interval u_k untuk suatu *k* maka data tersebut difuzzikan dalam himpunan fuzzy A_k.

Langkah 6. Menentukan relasi logik fuzzy dari nilai-nilai data, yaitu $A_i \to A_k$, yang berarti bahwa "jika nilai data *x* adalah A_i maka nilai data *x*+1 adalah A_k. A_i disebut keadaan sekarang (anteseden) dan A_k disebut keadaan selanjutnya.

Langkah 7. Membentuk kelompok relasi logik fuzzy dari data berdasarkan keadaan sekarang dari relasi logik fuzzy. Sebagai contoh, misalkan terdapat dua relasi logik fuzzy yang mempunyai anteseden yang sama, $A_1 \to A_l$ dan $A_1 \to A_m$, maka keduanya dikelompokkan dalan kelompok relasi logik fuzzy sebagai $A_1 \to A_l, A_m$.

Langkah 8. Menghitung output ramalan. Misalkan $F(t-1) = A_j$, ramalan dihitung berdasarkan aturan berikut:

Aturan 1: Jika kelompok relasi logik fuzzy A_j adalah kosong, yaitu $A_j \to \varnothing$, maka ramalan $F(t)$ adalah m_j, yaitu titik tengah dari interval u_j:

$$F(t) = m_j$$

Aturan 2: Jika kelompok relasi logik fuzzy A_j adalah satu-ke-satu, yaitu $A_j \to A_k;\ j, k = 1, 2, ..., n;$ maka ramalan $F(t)$ adalah m_k, yaitu titik tengah dari interval u_k:

$$F(t) = m_k$$

Aturan 3: Jika kelompok relasi logik fuzzy A_j adalah satu-ke-banyak, yaitu $A_j \to A_1, A_2, ..., A_n;\ j = 1, 2, ..., n;$ maka ramalan $F(t)$ adalah nilai rata-rata dari $m_1, m_2, ..., m_n$, dimana $m_1, m_2, ..., m_n$ berturut-turut titik tengah dari interval $u_1, u_2, ..., u_n$:

$$F(t) = \frac{m_1 + m_2 + ... + m_n}{n}$$

4. CONTOH PENERAPAN

Model peramalan time series fuzzy diilustrasikan dengan menggunakan data persentase konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB kabupaten Majene, tahun 2010 sampai dengan 2019, seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1 Peresentase konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB Kabupaten Majene

Tahun	Konstribusi Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga terhadap PDRB (%)
2010	66,58
2011	65,83
2012	64,25
2013	64,66
2014	62,62
2015	64,21
2016	64,61

2017	62,91
2018	61,64
2019	60,34

Sumber: BPS Kab. Majene (Kabupaten Majene dalam Angka)

Proses peramalan dengan time series fuzzy dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada bagian 2, sebagai berikut:
Langkah 1: Menentukan nilai minimum (D_{min}) dan maksimum (D_{max}) dari data, yaitu D_{min} = 60,34% dan D_{max}= 66,58%.
Langkah 2: Dengan memilih dua bilangan tertentu D_1=5,34 dan D_2=3,42 maka diperoleh himpunan semesta S = [55, 70].
Langkah 3: Dengan menggunakan aturan *average based length*, diperoleh 150 interval dengan panjang setiap interval adalah 0.1; yaitu $u_1 = [55, 55.1], u_2 = [55.1, 55.2], ..., u_{150} = [69.9, 70]$.
Langkah 4: Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i yang merupakan nilai linguistik dari variabel linguistik "besarnya konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PRDB". Himpunan fuzzy A_i pada semesta S adalah sebagai berikut:

$A_1 = \{(1, u_1), (0.5, u_2), (0, u_3), ..., (0, u_{150})\}$,

$A_2 = \{(0.5, u_1), (1, u_2), (0.5, u_3), (0, u_4), ..., (0, u_{150})\}$

$A_3 = \{(0, u_1), (0.5, u_2), (1, u_3), (0.5, u_4), (0, u_5), ..., (0, u_{150})\}$

$\cdots$

$A_k = \{(0, u_1), (0, u_2), ..., (0.5, u_{k-1}), (1, u_k), (0.5, u_{k+1}), (0, u_{k+2}), ..., (0, u_{150})\}$

$\cdots$

$A_{149} = \{(0, u_1), ..., (0, u_{147}), (0.5, u_{148}), (1, u_{149}), (0.5, u_{150})\}$

$A_{150} = \{(0, u_1), ..., (0, u_{148}), (0.5, u_{149}), (1, u_{150})\}$

Langkah 5: Memfuzzikan data historis, yaitu menentukan himpunan fuzzy yang sesuai dengan data historis, seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2 Fuzzifikasi data historis

Tahun	**Konstribusi Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga terhadap PDRB (%)**	**Fuzzifikasi**
2010	66,58	A_{116}
2011	65,83	A_{109}
2012	64,25	A_{93}
2013	64,66	A_{97}
2014	62,62	A_{77}
2015	64,21	A_{93}
2016	64,61	A_{77}
2017	62,91	A_{80}
2018	61,64	A_{67}
2019	60,34	A_{54}

Langkah 6: Menentukan relasi logik fuzzy dan kelompok relasi logik fuzzy dari data historis, seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut:

Tabel 3 Relasi Logik Fuzzy data histori

Relasi Logik Fuzzy
$A_{54} \to \varnothing$
$A_{67} \to A_{54}$
$A_{77} \to A_{80}$
$A_{77} \to A_{93}$
$A_{80} \to A_{67}$
$A_{93} \to A_{77}$
$A_{93} \to A_{97}$
$A_{97} \to A_{77}$
$A_{109} \to A_{93}$
$A_{116} \to A_{109}$

Tabel 4 Kelompok Relasi Logik Fuzzy

Kelompok	Relasi Logik Fuzzy
1	$A_{54} \to \varnothing$
2	$A_{67} \to A_{54}$
3	$A_{77} \to A_{80}, A_{93}$
4	$A_{80} \to A_{67}$
5	$A_{93} \to A_{77}, A_{97}$
6	$A_{97} \to A_{77}$
7	$A_{109} \to A_{93}$
8	$A_{116} \to A_{109}$

Langkah 7: Defuzzifikasi himpunan fuzzy, yaitu menentukan nilai anteseden A_j pada setiap kelompok logik fuzzy dengan menggunakan aturan 1, 2, dan 3 pada bagian 2, seperti pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Nilai defuzzifikasi

Anteseden	Nilai
A_{54}	60.35
A_{67}	60.35
A_{77}	63.6
A_{80}	61.65
A_{93}	63.65
A_{97}	62.65
A_{109}	64.25
A_{116}	65.85

Langkah 8: Menentukan nilai ramalan tiap data historis. Berdasarkan Tabel 2, 3, 4 dan 5, nilai ramalan konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB dapat dihitung. Berikut ini diberikan proses perhitungan peramalan tahun 2011 sampai dengan 2019.

[2011]: Fuzzifikasi nilai data tahun 2011 dalam Tabel 2 adalah A_{116}, dan dari Tabel 4, relasi logic fuzzy A_{116} adalah $A_{116} \to A_{109}$, sehingga nilai anteseden A_{116} dapat diperoleh dari Tabel 5, yaitu 65.85. Jadi nilai ramalan untuk tahun 2011 adalah 65.85%.

Dengan cara yang sama, nilai ramalan untuk tahun 2012 sampai dengan 2020 dapat dihitung seperti diperlihatkan dalam Tabel 6.

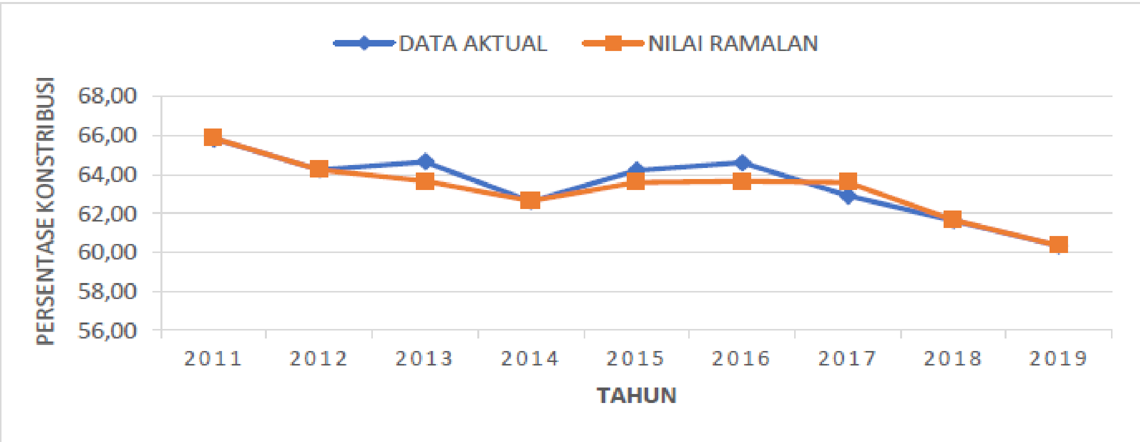
Dari Tabel 6, diperoleh, nilai ramalan konstribusi pengeluaran konsumsi rumah tangga terhadap PDRB dari tahun 2011 sampai dengan 2020. Rentang error ramalan adalah 0% sampai dengan 1.48% dengan rata-rata error atau nilai MAPE adalah 0.59%.

Tabel 6 Data aktual, nilai ramalan dan error ramalan

Tahun	**Data Aktual Konstribusi Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga terhadap PDRB (%)**	**Data Ramalan Konstribusi Pengeluaran Konsumsi Rumah Tangga terhadap PDRB (%)**	**Error Ramalan**
2010	66.58	-	-
2011	65.83	65.85	0.000304

2012	64.25	64.25	0
2013	64.66	63.65	0.01562
2014	62.62	62.65	0.000479
2015	64.21	63.6	0.0095
2016	64.61	63.65	0.014858
2017	62.91	63.6	0.010968
2018	61.64	61.65	0.000162
2019	60.34	60.35	0.000166
2020	-	**60.35**	
			MAPE= 0.59%

Gambar 1 Kurva data aktual dan nilai ramalan dari model time series fuzzy



DAFTAR PUSTAKA

Basyigit, A. I, Ulu, C, Guzelkaya, M, 2014, A New Fuzzy Time Series Model using Triangular and Trapezoidal Membership Function, *Proceeding ITISE 2014 Granada 25 – 27 Juni 2014*, p.634 – 644.

BPS Kab. Majene, 2020, KABUPATEN MAJENE DALAM ANGKA *MAJENE REGENCY in Figures* 2020, ISBN: 978-602-6446-67-1

C.H. Cheng, T.L. Chen & C.H. Chiang, 2006, Trend-weighted fuzzy time series model for TAIEX forecasting, ICONIP, Part III, LNNC 4234, 469-477.

C.H.L. Lee, A. Liu & W.S. Chen, 2006, Pattern Discovery of Fuzzy time series for financial prediction, *IEEE Transactions on Knowledge and data Engineering*, 18, p.613-625.

H-K. Yu, 2005, Weighted fuzzy time series models for Taiex forecasting, *Physica A*, 349, 609-624.

H.H Chu, T.L. Chen, C.H. Cheng & C.C., 2009, Huang, Fuzzy dual-factor time series for stock index forecasting, *Expert Systems with Applications*, 36, p.165-171.

K. Huarng, 2001, Heuristic models of fuzzy time series for forecasting, *Fuzzy Sets and Systems*, 123, p.369-386.

K. Huarng, Tiffany H-K Yu & Yu W-S, 2007, A multivariate heuristic model for fuzzy time series forecasting, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 37, p.263-275.

Lee, M. H, Efendi, R, Ismail, Z., 2009, Modified Weighted for Enrollment Forecasting Based on Fuzzy Time Series, *MATEMATIKA*, Volume 25, Number 1, 67–78

Mutalib, S. M, Ramli, N, Daud, M, 2018, Forecasting Fuzzy Time Series Model based on Trapezoidal Fuzzy Numbers with Area and Height Similarity Measure Concept, *AIP Conference Proceeding 1974.*

Q, Song & B. S. Chissom, 1993, Forecasting Enrolments with Fuzzy Time Series – Part I, *Fuzzy Sets and Systems* 54, 1-9.

Ramli, N, Mutalib, S. M, Daud, M, 2018, Fuzzy Time Series Forecasting Model based on Center of Gravity Similarity Measure, *Journal of Computer Science & Computational Mathematics*, 8(4), p.121 – 124.

S.M. Chen, 2000, Temperature prediction using fuzzy time series, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 30, p.263-275.

S.M. Chen, 1996, Forecasting enrolments based on fuzzy time series, *Fuzzy Sets and Systems*, 81, p.311-319.

Tsaur, R. C, 2012, 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*, vol. 8, No. 7, p.4931 – 4942.

T.A Jilani & S.M.A. Burney, 2008, A refined fuzzy time series model for stock market forecasting, *Physica A*, ScienceDirect, 387, p.2857-2862.

T.H.K. Yu & K.H. Huarng, 2008, A bivariate fuzzy time series model to forecast the TAIEX, *Expert Systems with Application* 34, 2945-2952.

Xihao, S and Yimin, L., 2008, Average Based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index, *World Journal of Modelling and Simulation*, 4(2), 104 – 111.