

Algoritme Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain

Azzahra Alif Tama^{a,*}, Dewi Retno Sari Saputro^b

^{a,b} Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Jl. IR. Sutami 36A Kentingan, Surakarta 57126, Indonesia

* Alamat Surel: aliftama.14@student.uns.ac.id, dewiretnoss@staff.uns.ac.id

Abstrak

Analisis data *time series* terdiri dari data linguistik dan numerik. Metode yang digunakan pada analisis data salah satunya ialah *fuzzy time series*. *Fuzzy time series* adalah metode yang menangani permasalahan operasi dinamik berdasarkan suatu variabel *fuzzy* yang mana nilai *fuzzy* ialah anggota himpunan *fuzzy*. Variabel linguistik adalah anggota dari himpunan *fuzzy* sedangkan variabel aktual adalah angka real sesuai dengan data yang diperoleh. Dalam metode *fuzzy time series* variabel aktual akan diubah menjadi variabel linguistik. Keakuratan metode *fuzzy time series* cenderung rendah, oleh karena itu dikembangkan sebuah algoritme yang dapat meningkatkan akurasi dari *fuzzy time series*, yaitu *Markov chain*. *Fuzzy time series Markov chain* menggunakan *fuzzy logic group* yang diperoleh untuk matriks transisi rantai Markov. *Fuzzy time series* digabung dengan *Markov chain* mempunyai tujuan untuk menghasilkan peluang yang optimal dengan matriks probabilitas transisi. *Average based* digunakan dalam menentukan panjang interval pada penentuan matriks probabilitas transisi dalam konsep *Markov chain* karena berbasis pada nilai rata-rata sehingga dapat digunakan untuk menyesuaikan panjang interval yang ditentukan. Hasil kajian diperoleh algoritme metode *average based fuzzy time series Markov chain* berguna untuk mendapatkan hasil setengah fluktuasi yang mengakibatkan panjang interval yang efektif dan probabilitas yang optimal menggunakan MPT.

Kata kunci:

Fuzzy Time Series (FTS), *Fuzzy Time Series Markov chain (FTSMC)*, *Average based*, Matriks Probabilitas Transisi (MPT).

© 2022 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Data *mining* adalah proses untuk mengekstrak pola dan informasi penting dari sejumlah data. Informasi yang diekstraksi merupakan informasi yang belum diketahui sebelumnya dan memiliki potensi kegunaan dari data dalam jumlah besar. Dalam data *mining* terdapat beberapa fungsi seperti prediksi, estimasi, deskripsi, klasifikasi, asosiasi dan *clustering* (Han *et al.*, 2012). Penyelesaian masalah dalam data *mining* digunakan sebuah perintah yang disebut algoritme. Algoritme merupakan kumpulan langkah yang berurutan, serta logis dalam pemecahan suatu masalah (Saniman & Fathoni, 2008). Langkah-langkah pada algoritme harus dilakukan sesuai dengan urutan yang sudah ditetapkan dan tidak boleh diacak. Penyelesaian masalah dengan algoritme menggunakan beberapa metode, salah satu metodenya yaitu *time series*.

Metode *time series* termasuk metode yang penggunaan dasarnya berupa analisis pola relasi antara variabel numerik dan variasi waktu *time series*. *Time series* ialah kumpulan data yang disusun berdasarkan waktu secara berkala (Arnita *et al.*, 2020). Metode *time series* biasanya digunakan dalam analisis pada bidang bisnis, ekonomi, industri dan ilmu sosial. Metode *time series* memiliki kekurangan yaitu hanya dapat menyelesaikan permasalahan numerik. Oleh karena itu, dikembangkan suatu metode yaitu *fuzzy time series*. Konsep logika *fuzzy* sangat diperlukan dalam metode *fuzzy time series*. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan dalam memecahkan masalah *time series* yang efisien sebagai pembentuk dari *soft computing*. Nilai yang dipakai pada *fuzzy time series* merupakan bilangan riil pada himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta yang ditetapkan (Song & Chissom, 1993). Menurut Safitri *et al.* (2018), himpunan *fuzzy* terdiri atas dua komponen yaitu Linguistik dan Numerik. Komponen linguistik ialah penyebutan himpunan menggunakan bahasa alami yang menggambarkan kondisi yang tidak dapat diekspresikan dalam skala nilai *fuzzy* (Zadeh *et al.*, 1996). Kemudian komponen numerik merupakan nilai yang didefinisikan sebagai ukuran berdasarkan suatu variabel.

To cite this article:

Tama, A. A., & Saputro, D. R. S. (2022). Algoritme Average-Based Fuzzy Time Series Markov-Chain. PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 5, 711-715

Menurut Tsaur (2012), metode *fuzzy time series* Markov chain ialah teknik pendekatan yang dikembangkan untuk menyelesaikan suatu masalah linguistik dengan memanfaatkan metode Markov chain. Dalam model Markov chain digunakan Matriks Probabilitas Transisi dalam menganalisis masalah linguistik untuk meningkatkan probabilitas keakuratan. *Average based* adalah metode yang biasa digunakan dalam menentukan panjang interval. Penentuan panjang interval menggunakan *average based* mampu meningkatkan keakuratan metode yang digunakan (Xihao & Yimin, 2008). Kombinasi *average based*, *fuzzy time series*, dan Markov chain memiliki tujuan untuk menghasilkan peluang optimal dengan MPT dan panjang interval yang efektif. *Fuzzy time series* model Markov chain serta *average based* mempunyai nilai keakuratan yang baik, hal itu dibuktikan dari panjang interval dan Matriks Probabilitas Transisi (MPT) yang menghasilkan keakuratan tinggi. Pada artikel ini dikaji kembali algoritme metode *average based fuzzy time series* model Markov chain.

2. Pembahasan

Average based fuzzy time series model Markov chain memiliki tujuan sebagai metode dalam pengolahan data dan aplikasi pada metode ini adalah untuk memberikan peramalan dan perbandingan terkait data yang akan dihasilkan pada masa yang akan datang. *Average based fuzzy time series* Markov chain adalah algoritme untuk analisis data *time series* yang merupakan kombinasi dari model *Average based*, *fuzzy time series*, dan Markov chain.

Fuzzy time series tersusun atas tiga langkah penting yaitu fuzzifikasi, penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), serta defuzzifikasi (Aladag et al., 2012). Menurut Kusumadewi & Purnomo (2013), fuzzifikasi ialah langkah dengan cara mengganti variabel non fuzzy menjadi variabel fuzzy. Fuzzifikasi dilakukan untuk memudahkan dalam proses penentuan FLR, FLR Group (FLRG) dan MPT.

Fuzzy Logical Relationship (FLR) mengaitkan hubungan antara nilai linguistik yang ditetapkan oleh tabel fuzzifikasi. Penentuan *fuzzy logical relationship* yaitu $A_i \rightarrow A_j$ dengan A_i adalah *current state* $Y_{(t-1)}$ dan A_j adalah *next state* dalam waktu t . Menurut McNeill & Thro (1994), defuzzifikasi adalah kebalikan dari proses fuzzifikasi yaitu dengan mengganti variabel linguistik atau variabel fuzzy kembali lagi menjadi variabel numerik atau variabel biasa disebut variabel non fuzzy.

Average based adalah metode berbasis rata-rata dalam menentukan panjang interval. Panjang interval memengaruhi perumusan *fuzzy relationships*. Dalam menentukan *fuzzy relationships* yang akurat, penetapan panjang interval yang efektif diperlukan dalam keakuratan *fuzzy time series*. Jarak panjang interval disebut efektif apabila bernilai normal. Jika jarak panjang interval bernilai terlalu besar, tidak ada fluktuasi pada *fuzzy time series*. Namun jika jarak panjang interval terlalu kecil, makna *fuzzy time series* pasti berkurang. Oleh karena itu, panjang interval menghasilkan setidaknya bernilai setengah fluktuasi pada *polatime series*. Pergerakan fluktuasi pada *fuzzy time series* dapat didefinisikan oleh nilai absolut dari perbedaan pertama dengan dua data yangurut (Qiang & Brad S., 1993). Oleh karena itu, *average based* dirumuskan untuk penentuan panjang interval yang efektif. Menurut Xihao & Yimin (2008), berikut langkah-langkah dalam menentukan *average based*:

- (1) Menentukan selisih dari nilai mutlak A_{i+1} dan A_i ($i = 1, 2, \dots, n - 1$), selanjutnya menentukan hasil rata-ratanya.
- (2) Menentukan rata-rata dari kedua nilai hasil pada langkah a.
- (3) Menentukan nilai basis pada Tabel 2.1 sesuai kolom bagian panjang interval.

Tabel 2.1. Tabel Pemetaan

Panjang Interval	Basis
0.1-1.0	0.1
1.1-10	1
11-100	10
101-1000	100

- (4) Menghitung hasil pembulatan kemudian menentukan hasil panjang interval yang sesuai tabel pada kolom basis.

Markov chain digunakan untuk menghasilkan probabilitas yang optimal dengan menggunakan matriks transisi Markov. Ukuran matriks transisi Markov ialah $n \times n$. Probabilitas transisi untuk *state* ditulis

$$P_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_i}; i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

dengan

P_{ij} : peluang perpindahan dari $state A_i$ ke A_j transisi satu langkah

C_{ij} : banyaknya perpindahan dari $state A_i$ ke A_j transisi satu langkah

C_i : banyaknya historis yang termasuk dalam $state A_i$.

Formula matriks probabilitas transisi $state$ yang dilambangkan dengan $\mathbf{P}$ ditulis

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

dengan $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1$.

Menurut Ross (2003), Matriks $\mathbf{P}$ memiliki syarat sebagai berikut

- (1) Pada saat $P_{ij} > 0$, $state A_j$ accessible dari $state A_i$.
- (2) Ketika $state A_i$ dan A_j sama-sama accessible, A_i communicates dengan A_j .

Berikut algoritme metode *average based fuzzy time series model Markov chain*:

- (1) Menentukan Himpunan Semesta (U). Agar lebih mudah dalam mendefinisikan, terlebih dahulu menetapkan nilai minimum dan nilai maksimum yang selanjutnya akan disebut $D_{\min}$ dan $D_{\max}$ dari historis. Bersumber pada nilai minimum dan maksimum, didefinisikan rumus himpunan semesta U berikut:

$$U = [D_{\min} - B_1, D_{\max} - B_2] \quad (2.3)$$

B_1 dan B_2 bilangan bernilai positif yang ditetapkan.

- (2) Menentukan panjang interval. Panjang interval ditentukan menggunakan langkah-langkah *Average based*.
- (3) Menentukan anggota himpunan fuzzy dari himpunan semesta (U). Tiap-tiap himpunan fuzzy A_i (dengan $i = 1, 2, \dots, n$) didefinisikan pada jumlah interval yang telah ditentukan, dengan $A_1, A_2, \dots, A_n$ didefinisikan sebagai berikut

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \cdots + 0/u_n\} \\ A_2 &= \{0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \cdots + 0/u_n\} \\ &\vdots \\ A_n &= \{0/u_1 + \cdots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n\} \end{aligned} \quad (2.4)$$

dengan u_i ($i = 1, 2, \dots, n$) yaitu anggota dari himpunan semesta (U) dan suatu bilangan dilambangkan "/" didefinisikan sebagai derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_i)$ atas A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) dimana nilai masing-masing ialah 0, 0,5 dan 1.

- (4) Menentukan FLR. FLR mengaitkan hubungan antara nilai linguistik yang ditetapkan oleh tabel fuzzifikasi.
- (5) Menentukan FLRG. Pada langkah ini, hasil FLR dikelompokkan menjadi beberapa kategori.
- (6) Menentukan matriks probabilitas transisi Markov pada Persamaan (2.1) dan (2.2). FLRG digunakan untuk mendapatkan probabilitas $state$ selanjutnya.
- (7) Menentukan defuzzifikasi. Untuk mendapatkan hasil defuzzifikasi dari matriks probabilitas dihitung berlandaskan aturan berikut.

- (1) Saat FLRG $state A_i$ adalah kosong ($A_i \rightarrow \neq$) hasil nilai defuzzifikasi bernilai me_i , yang merupakan median dari u_i dengan persamaan

$$F(t) = me_i \quad (2.5)$$

- (2) Saat FLRG $state A_i$ merupakan relasi satu ke satu ($state A_i \rightarrow A_k$ dengan nilai $P_{ij} = 0$, kemudian $P_{ik} = 1, j \neq k$), hasil defuzzifikasi bernilai me_k yang merupakan median u_k dengan persamaan

$$F(t) = me_k \cdot P_{ik} = me_k \quad (2.6)$$

- (3) Saat FLRG $state A_j$ merupakan relasi satu ke banyak ($state A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j = 1, 2, \dots, n$), Ketika gabungan historis $Y(t-1)$ pada $t-1$ berada saat $state A_j$, hasil defuzzifikasi ditulis

$$F(t) = me_1 P_{j1} + me_2 P_{j2} + \cdots + me_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_j + me_j + 1 P_{j(j+1)} + \cdots + me_n P_{jn} \quad (2.7)$$

dengan

$me_1, me_2, \dots, me_n$: median dari $u_1, u_2, \dots, u_n$

$Y(t-1)$: nilai historis saat periode $(t-1)$.

- (8) Menghitung nilai penyesuaian terhadap *output* defuzzifikasi. Hasil penyesuaian defuzzifikasi berguna untuk mengkaji kembali kesalahan dalam hasil defuzzifikasi. Aturan pada penyesuaian nilai defuzzifikasi dijabarkan sebagai berikut.

- (1) Saat *state* A_i communicates dengan A_i , dan ketika *state* A_i pada saat $(t-1)$ sama halnya dengan $F(t-1) = A_i$ serta ada pergantian transisi naik menuju *state* A_j pada saat t , dengan kondisi $(i < j)$, nilai penyesuaiannya ditentukan yaitu

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right) \quad (2.8)$$

dengan l : panjang interval

- (2) Saat *state* A_i communicates dengan A_i , dan ketika *state* A_i pada saat $(t-1)$ sama halnya dengan $F(t-1) = A_i$ serta ada pergantian transisi turun menuju *state* A_j pada saat t , dengan kondisi $(i > j)$, nilai penyesuaiannya ditentukan yaitu

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (2.9)$$

- (3) Saat *state* A_i ketika $(t-1)$ sama halnya dengan $F(t-1) = A_i$ serta ada pergantian transisi naik menuju *state* A_{i+s} pada saat t , dengan kondisi $(1 \leq s \leq n-i)$, nilai penyesuaiannya ditentukan yaitu

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s, \quad (1 \leq s \leq n-i) \quad (2.10)$$

- (4) Saat *state* A_i ketika $(t-1)$ sama halnya dengan $F(t-1) = A_i$ serta ada pergantian transisi turun menuju *state* A_{i-v} pada saat t , dengan kondisi $(1 \leq v \leq i)$, nilai penyesuaiannya ditentukan yaitu

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v, \quad (1 \leq v \leq i) \quad (2.11)$$

dengan v : banyaknya pergantian transisi mundur.

- (9) Menghitung hasil setelah disesuaikan. Hasil didefinisikan sebagai berikut.

$$F'_t = F_t \pm D_{t1} \pm D_{t2} = F_t \pm \left(\frac{l}{2}\right) \pm \left(\frac{l}{2}\right) \quad (2.12)$$

dengan l : panjang interval

3. Simpulan

Berdasarkan permasalahan dalam pengolahan data yang belum akurat, tujuan penulisan ini adalah memberikan metode dalam pengolahan data *time series* yang akurat kemudian dari pembahasan disimpulkan bahwa proses algoritme menggunakan *average based fuzzy time series Markov chain* dibangun dari tiga konsep yaitu *average based fuzzy time series*, dan *Markov chain*. Ketiga konsep tersebut digunakan dalam metode *fuzzy time series* dengan tujuan agar mendapatkan hasil setengah fluktuasi yang mengakibatkan panjang interval yang efektif dan nilai probabilitas yang optimal menggunakan MPT.

Daftar Pustaka

- Aladag, C. H., Yolcu, U., Egrioglu, E., & Dalar, A. Z. (2012). A new time invariant fuzzy time series forecasting method based on particle swarm optimization. *Applied Soft Computing Journal*, 12(10), 3291–3299.
- Arnita, Afnisah, N., & Marpaung, F. (2020). A Comparison of the Fuzzy Time Series Methods of Chen, Cheng and Markov Chain in Predicting Rainfall in Medan. *Journal of Physics: Conference Series*, 1462(1).
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). Data Mining Concepts and Techniques. In *Proceedings - 2013 International Conference on Machine Intelligence Research and Advancement, ICMIRA 2013*.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha

Ilmu.

- McNeill, F. M., & Thro, E. (1994). *Fuzzy Logic A Practical Approach*. Academic Press Limited.
- Qiang, S., & Brad S., C. (1993). Fuzzy Time Series and Its Models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54, 269–277.
- Ross, S. M. (2003). *Introduction to Probability Models*. Academic Press.
- Safitri, Y., Wahyuningsih, S., & Goejantoro, R. (2018). Peramalan dengan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain (Studi Kasus : Harga Penutupan Saham PT . Radiant Utama Interinsco Tbk Periode Januari 2011 – Maret 2017) Forecasting with Fuzzy Time Series Markov Chain Method (Case Study : Closing Stock Price of. *Jurnal Eksponensial*, 9(1), 51–58.
- Saniman, & Fathoni, M. (2008). *Algoritma Dan Pemrograman*. 4(1), 120–133.
- Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). Forecasting enrollments with fuzzy time series - Part I. *Fuzzy Sets and Systems*, 54(1), 1–9.
- 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*, 8(7 B), 4931–4942.
- Xihao, S., & Yimin, L. (2008). Average-based fuzzy time series models for forecasting Shanghai compound index. *UK World Journal of Modelling and Simulation*, 387(2), 2857–3862.
- Zadeh, L. A., Hirota, K., Klir, G. J., Sanchez, E., Wang, P.-Z., & Yager, R. R. (1996). Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Fuzzy Systems. *Applications and Theory*, 6.