

PERAMALAN HARGA EMAS MENGGUNAKAN FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN MODEL

Nurmalia Rukhansah¹⁾, Much Aziz Muslim²⁾, Riza Arifudin³⁾

^{1,2,3}Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Semarang
¹liarukhansah@gmail.com, ²a2121muslim@yahoo.com, ³riza_wsb@yahoo.com

Abstrak

Tulisan ini bertujuan menghitung nilai peramalan harga emas untuk periode 7 hari kedepan menggunakan metode Fuzzy Time Series Markov Chain beserta tingkat keakuratan model peramalannya yang diukur dengan parameter AFER dan MAE berdasarkan hasil output aplikasi peramalan harga emas yang dibuat pada software Matlab R2009a. metode yang digunakan untuk membangun aplikasi peramalan adalah metode Agile. Data yang digunakan dalam tulisan ini merupakan data harga penutupan emas harian (Rupiah) yang diambil selama periode 9 januari 2015 sampai dengan 4 maret 2015. Hasilnya menunjukkan bahwa metode Fuzzy Time Series Markov Chain memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam memodelkan serta meramalkan harga emas dengan nilai AFER dan MAE yang kecil.

Kata kunci: *Forecasting, FTSMC, Gold price, AFER, MSE, Software Matlab R2009a.*

1. Pendahuluan

Dewasa ini, investasi merupakan salah satu alternatif bisnis yang terus mengalami perkembangan. Investasi merupakan penanaman modal untuk satu atau lebih aktiva dalam jangka waktu yang lama dengan harapan akan memperoleh keuntungan dimasa yang akan datang.

Investasi internasional tidak terbatas pada investasi pada efek atau kegiatan produksi riil. Pasar memungkinkan investor untuk mengalokasikan uang yang dimiliki untuk aset yang lain, seperti emas (emas batangan), batu mulia, real estate, barang antik, perangko dan lain-lain. Emas, sebagai alternatif lain, memiliki sejumlah

keunggulan yang signifikan seperti likuiditas, konvertibilitas cepat menjadi uang tunai, recognition international. Manfaat ini termasuk sifat obyektif emas dan sikap subjektif dari instansi pemerintah, investor swasta, dan warga sekitar mengenai investasi pada emas (Megits *et al*, 2014).

Peramalan merupakan perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi. Peramalan diperlukan dalam proses pengambilan keputusan, dalam bidang finansial peramalan dapat digunakan untuk memantau pergerakan harga emas yang akan datang. Sehingga dengan melakukan peramalan akan memberikan dasar bagi

para investor dalam perencanaan dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan keuntungan serta mencegah terjadinya kerugian. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan adalah model *fuzzy regresion* dan model *fuzzy time series*.

Menurut Ross (2003) dan Bera *et al* (2014) logika *fuzzy* merupakan salah satu metodologi komputasi yang menggunakan fungsi keanggotaan parsial yang berbeda dengan keanggotaan biner fungsional yang digunakan dalam menetapkan teori klasik. Keuntungan menggunakan fungsi keanggotaan parsial (yaitu bervariasi dari 0 sampai 10) adalah untuk memperhitungkan informasi kualitatif misalnya panas, hangat, sejuk, dingin dan lain-lain, untuk mewakili kondisi cuaca seperti yang dipahami oleh otak manusia dan mewakili dalam bahasa alami (Bernadette *et al*, 2010).

Fuzzy time series pertama kali diusulkan oleh Song dan Chissom yang diterapkan dalam konsep logika *fuzzy* untuk mengembangkan dasar dari *fuzzy time series* dengan menggunakan metode *time invariant* dan *time variant* yang digunakan untuk memodelkan peramalan jumlah pendaftar di suatu Universitas (Song and Chissom, 1993). Sejak saat itu, banyak metode *fuzzy time series* yang diusulkan seperti, model *Chen* (Chen, 1996), model *Weighted* (Yu, 2005), model *Markov*

(Sullivan and Woodall, 1994), model persentase perubahan jumlah pendaftar universitas (Stevenson and Porter, 2009), menggunakan perbedaan dari jumlah pendaftaran (Melike and Degtiarev, 2005), penerapan jaringan *back propagation* (Huarng and Yu, 2006), dan *multiple-atribut* metode *fuzzy time series* (Cheng *et al*, 2008).

Fuzzy Time Series Markov Chain merupakan konsep baru yang pertamakali diusulkan oleh Tsaur, dalam penelitiannya untuk menganalisis keakuratan prediksi nilai tukar mata uang Taiwan dengan dolar US (Tsaur, 2012). Dalam penelitiannya Tsaur menggabungkan metode *fuzzy time series* dengan rantai *markov*, penggabungan tersebut bertujuan untuk memperoleh probabilitas terbesar menggunakan matriks probabilitas transisi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memberikan akurasi yang cukup baik dibandingkan dengan metode *fuzzy time series* yang diusulkan oleh Song and Chissom (1993), Cheng *et al* (2008), Tsaur *et al* (2005), Singh (2007) serta Li and Cheng (2007).

Pada metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* penentuan panjang interval yang terbentuk tergantung dari pilihan peneliti, tidak ada rumus pasti dalam perhitungannya. Sehingga untuk tiap-tiap peneliti memungkinkan terjadinya

perbedaan jumlah interval yang terbentuk meskipun menggunakan data yang sama, sedangkan dalam peramalan *fuzzy time series* penentuan panjang interval yang terbentuk berpengaruh terhadap pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), FLR yang terbentuk akan memberikan pengaruh terhadap pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG), sedangkan FLRG yang terbentuk mempengaruhi hasil perhitungan peramalan.

Oleh sebab itu, penentuan panjang interval harus efektif agar FLR yang terbentuk tepat. Salah satu metode penentuan panjang interval yang efektif adalah model *Average-based Fuzzy Time Series* yang diusulkan Xihao & Yimin, (2008). Sehingga dalam tulisan ini peramalan harga emas dihitung menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* yang diperkenalkan oleh Tsaur dengan penentuan panjang interval dihitung menggunakan *Average-based fuzzy time series*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan perhitungan peramalan harga emas selama periode 7 hari kedepan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* beserta dengan keakuratan model peramalannya yang dihitung dengan parameter AFER dan MAE berdasarkan *output* aplikasi peramalan harga emas yang

dibuat pada *software* Matlab.

2. Kajian Pustaka

2.1 Fuzzy Time Series

Misalkan U adalah himpunan semesta, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, maka suatu himpunan fuzzy A dari U didefinisikan sebagai,

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_1} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_1} \quad (1)$$

f_A adalah fungsi keanggotaan dari A , $f_A: U \rightarrow [0,1]$ dan $f_A(u_i)$ menunjukkan derajat keanggotaan u_i yang termasuk dalam himpunan fuzzy A dan $f_A(u_i) \in [0,1]$ dengan $1 \leq i \leq n$ (Jasim. *et al*, 2012).

Definisi 1. Misalkan $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) semesta pembicaraan dan bagian dari R , dengan himpunan fuzzy $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) terdefinisi pada $X(t)$. Andaikan $F(t)$ berupa kumpulan $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$). Maka $F(t)$ disebut *fuzzy time series* dari $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) (Chen and Hsu, 2004).

Definisi 2. Jika $F(t)$ hanya disebabkan oleh $F(t-1)$, hubungan antara $F(t)$ dengan $F(t-1)$ dapat dinyatakan sebagai $F(t-1) \rightarrow F(t)$ (Chen 1996).

Definisi 3. Andaikan $F(t) = A_i$ dan $F(t-1) = A_j$. Hubungan antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ (disebut sebagai *fuzzy logical relationship, FLR*) dapat dinyatakan dengan $A_i \rightarrow A_j$; dimana A_i disebut *left-hand side (LHS)* dan A_j *right-hand side (RHS)* dari *FLR*. Mengingat dua *FLRs* mempunyai himpunan fuzzy yang sama

pada LHS $A_i \rightarrow A_{j1}, A_i \rightarrow A_{j2}$. Maka kedua FLR dapat dikelompokkan kedalam fuzzy logical relationship group (FLRG) $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}$ (Saxena et al, 2012).

Umumnya untuk langkah-langkah model fuzzy time series mencakup: (1) menentukan semesta pembicaraan, dimana himpunan fuzzy akan didefinisikan (2) partisi himpunan semesta menjadi beberapa interval dengan panjang yang sama (3) mendefinisikan himpunan fuzzy A (4) fuzzyfikasi data historis (5) menentukan fuzzy logical relationship (6) mengelompokkan fuzzy logical relationship (pada langkah 5) (7) menghitung nilai peramalannya.

Tabel 1. Tabel pemetaan basis

Range	Basis
0,1-1,0	0,1
1,1-10	1
11-100	10
101-1000	100
1001-10000	1000

3.
Metode
P
era
mal

an Harga Emas ini menggunakan metode Fuzzy Time Series Markov Chain.

Prosedur peramalan Fuzzy Time Series Markov Chain dari langkah 1 sampai dengan langkah 5 sama dengan fuzzy time series konvensional, dan beberapa deskripsi dari metode Fuzzy Time Series Markov Chain yang diusulkan Tsaur didefinisikan pada langkah 6 dan seterusnya.

- Langkah 1. Mengumpulkan data historikal (Y_t).
- Langkah 2. Mendefinisikan himpunan semesta U dari data, yang didefinisikan dengan

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

D_1 dan D_2 adalah bilangan positif yang sesuai.

- Langkah 3. Menentukan jumlah interval fuzzy, dalam penelitian ini untuk menghitung jumlah interval fuzzy yang terbentuk digunakan metode average based length (Xihao & Yimin, 2008: 106) dengan langkah sebagai berikut:

- (1) Hitung selisih nilai mutlak dari data A_{i+1} dan A_i ($i=1, 2, \dots, n-1$), kemudian rata-rata hasilnya,
- (2) Bagi dua nilai yang dihasilkan pada langkah a,
- (3) Dari nilai yang diperoleh pada langkah b, tentukan nilai basis untuk panjang interval berdasarkan Tabel 1.
- (4) Jumlah interval fuzzy dapat dihitung dengan,

$$n = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{base} \quad (3)$$

Masing-masing interval dapat dihitung dengan

$$u_1 = [D_{min} - D_1, D_{min} - D_1 + base]$$

$$u_2 = [D_{min} - D_1 + basis, D_{min} - D_1 + 2 * basis]$$

...

$$u_n = [D_{min} - D_1 + (n - 1) \\ * basis, D_{min} - D_1 + n \\ * basis] \quad (4)$$

- Langkah 4. Mendefinisikan himpunan fuzzy pada *universe of discourse* U , himpunan fuzzy A_i menyatakan variabel linguistik dari harga emas dengan $1 \leq i \leq n$.
- Langkah 5. *Fuzzyfikasi* data historis. Jika sebuah data *time series* termasuk ke dalam interval u_i , maka data tersebut di *fuzzyfikasi* ke dalam A_i .
- Langkah 6. Menentukan *fuzzylogical relationship* dan *Fuzzy Logical Relationships Group* (FLRG). Jika himpunan fuzzy sekarang adalah A_i , dan grup relasi logika fuzzy A_i adalah tidak diketahui, misal $A_i \rightarrow \neq$, maka \neq akan merujuk kepada himpunan fuzzy A_i .
- Langkah 7. Menghitung hasil peramalan

Untuk data *time series*, dengan menggunakan FLRG, dapat diperoleh probabilitas dari suatu *state* menuju ke suatu *state* berikutnya. Sehingga digunakan matriks transisi probabilitas markov dalam menghitung nilai peramalan, dimensi matriks transisi adalah $n \times n$. jika *state* A_i melakukan transisi menuju ke *state* A_j dan melewati *state* A_k , $i, j = 1, 2, \dots, n$, maka kita

dapat memperoleh FLRG. Rumus probabilitas transisi adalah sebagai berikut

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Dengan:

P_{ij} = probabilitas transisi dari *state* A_i ke *state* A_j satu langkah

M_{ij} = jumlah transisi dari *state* A_i ke *state* A_j satu langkah

M_i = jumlah data yang termasuk dalam *state* A_i

Matriks probabilitas R dari seluruh *state* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Matriks R merefleksikan transisi dari seluruh sistem tersebut. Jika $F(t-1) = A_i$, maka proses akan didefinisikan pada *state* A_i pada saat $(t-1)$, maka hasil peramalan $F(t)$ akan dihitung dengan menggunakan baris $[P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}]$. Pada matriks R . Hasil peramalan $F(t)$ adalah nilai rata-rata terbobot dari m_1, m_2, \dots, m_n (*midpoint* dari u_1, u_2, \dots, u_n). Nilai hasil *output* peramalan pada $F(t)$ dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa aturan berikut:

- (1) Aturan 1: jika *fuzzylogical relationship group* A_i adalah *one to*

one (misalnya $A_i \rightarrow A_k$ dimana $P_{ik} = 1$ dan $P_{ij} = 0, j \neq k$) maka nilai peramalan $F(t)$ adalah m_k nilai tengah dari u_k .

$$\begin{aligned} F(t) &= m_k P_{ik} \\ &= m_k \end{aligned}$$

(2) Aturan 2: jika *fuzzylogical relationship group* A_i adalah *one to many* (misalnya $A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n, j = 1, 2, \dots, n$), ketika $Y(t-1)$ pada saat $(t-1)$ termasuk ke dalam *state* A_j maka peramalan $F(t)$, adalah:

$$\begin{aligned} F(t) &= m_1 P_{j1} + m_2 P_{j2} + \dots \\ &+ m_{j-1} P_{j(j-1)} + Y(t-1) P_{jj} \\ &+ m_{j+1} P_{j(j+1)} + \dots \\ &+ m_n P_n \end{aligned}$$

Dimana:

m_1, m_2, \dots, m_n adalah nilai tengah u_1, u_2, \dots, u_n , $Y(t-1)$ adalah nilai *state* A_j pada waktu $t-1$.

- Langkah 8. Menghitung nilai penyesuaian (D_t) pada nilai peramalan. Berikut prinsip-prinsip dalam menghitung nilai penyesuaian:

(1) Jika *state* A_i berhubungan dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ dinyatakan sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami *increasing transition* menuju ke *state* A_j pada waktu t dimana ($i < j$) maka nilai penyesuaiannya adalah

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right) \quad (9)$$

Dimana l adalah basis interval.

(2) Jika *state* A_i berhubungan dengan A_i , dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ dinyatakan sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami *decreasing transition* menuju *state* A_j pada waktu t dimana ($i > j$) maka nilai penyesuaiannya adalah

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (10)$$

(3) Jika transisi dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ dinyatakan sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami *jump forward transition* menuju *state* A_{i+s} pada waktu t di mana ($1 \leq s \leq n-i$) maka nilai penyesuaiannya adalah

$$\begin{aligned} D_{t2} &= \left(\frac{l}{2}\right) s, 1 \leq s \\ &\leq n - i \end{aligned} \quad (11)$$

Dimana s adalah jumlah lompatan ke depan.

(4) Jika transisi dimulai dari *state* A_i pada waktu $t-1$ sebagai $F(t-1) = A_i$, dan mengalami *jump-backward transition* menuju ke *state* A_{i-v} pada waktu t dimana ($1 \leq v < i$) maka nilai penyesuaiannya adalah

$$\begin{aligned} D_{t2} &= -\left(\frac{l}{2}\right) v, 1 \leq v \\ &\leq i \end{aligned} \quad (12)$$

Dimana v adalah jumlah lompatan ke belakang.

- Langkah 9. Menghitung nilai peramalan yang telah disesuaikan

(1) Jika FLRGA_i adalah *one to many* dan state A_{i+1} dapat diakses dari state A_i di mana state A_i berhubungan dengan A_i maka hasil peramalannya menjadi

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) + D_{t1} + D_{t2} \\ &= F(t) + \left(\frac{l}{2}\right) \\ &\quad + \left(\frac{l}{2}\right) \end{aligned} \quad (13)$$

(2) Jika FLRG A_i adalah *one to many* dan state A_{i+1} dapat diakses dari A_i dimana state A_i tidak berhubungan dengan A_i maka hasil peramalannya menjadi

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) + D_{t2} \\ &\quad + \left(\frac{l}{2}\right) \end{aligned}$$

(3) Jika FLRGA_i adalah *one to many* dan state A_{i-2} dapat diakses dari state A_i dimana A_i tidak berkomunikasi dengan A_i maka hasil peramalannya menjadi

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) - D_{t2} \\ &= F(t) - \left(\frac{l}{2}\right) \times 2 \\ &= F(t) \\ &\quad - l \end{aligned} \quad (15)$$

(4) Ketika v adalah *jump step*, bentuk umum dari hasil peramalannya adalah

$$\begin{aligned} F'(t) &= F(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} \\ &= F(t) \pm \left(\frac{l}{2}\right) \\ &\quad \pm \left(\frac{l}{2}\right) v \end{aligned} \quad (16)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Peramalan harga emas

Langkah-langkah perhitungan peramalan harga emas menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* meliputi.

- Langkah 1. Mengumpulkan historikal data⁽¹⁴⁾. Data historis merupakan data harga penutupan emas harian yang diambil selama periode 9 Januari 2015 sampai dengan 4 Maret 2015. Seperti yang disajikan pada Table 2.

Tabel 2. Data historikal harga penutupan emas

Period	Gold Price (Rupiah)	Period	Gold Price (Rupiah)	Period	Gold Price (Rupiah)
9 th Jan 2015	488.500	28 th	510.000	16 th	502.500

10 th	491.000	29 th	506.000	17 th	498.500
11 th	491.000	30 th	511.000	18 th	497.000
12 th	492.000	31 st	513.000	19 th	501.000
13 th	494.500	1 st Feb 2015	513.000	20 th	501.000
14 th	495.000	2 nd	510.000	21 st	497.000
15 th	505.000	3 rd	504.000	22 nd	497.000
16 th	508.000	4 th	508.000	23 rd	495.000
17 th	508.500	5 th	507.500	24 th	495.000
18 th	508.500	6 th	504.500	25 th	496.000
19 th	506.500	7 th	504.000	26 th	498.500
20 th	509.500	8 th	504.000	27 th	501.000
21 st	507.500	9 th	505.500	28 th	499.500
22 nd	512.000	10 th	501.000	1 st Mar 2015	499.500
23 rd	504.500	11 th	501.500	2 nd	501.500
24 th	506.000	12 th	496.500	3 rd	500.000
25 th	506.000	13 th	502.000	4 th	501.000
26 th	505.500	14 th	502.000		
27 th	513.500	15 th	502.000		

- Langkah 2. Mendefinisikan himpunan semesta U . Dari data historikal harga emas diperoleh $D_{min} = 488.500$, $D_{max} = 513.500$, dengan $D_1 = 500$ dan $D_2 = 500$, sehingga $U = [488.000, 514.000]$.
- Langkah 3. Membagi himpunan semesta U menjadi sejumlah himpunan *fuzzy* dengan panjang interval yang sama. Untuk menghitung panjang interval *fuzzy* yang terbentuk digunakan metode *Average-based length*, adapun langkahnya sebagai berikut:
 - (1) Selisih nilai mutlak data diperoleh sebesar 2.324,074.
 - (2) Nilai hasil bagi dua dari rata-rata diperoleh sebesar 1.162,034.
 - (3) Dari nilai yang diperoleh pada langkah (2), basis untuk panjang interval diperoleh sebesar 1.000.
 - (4) Dengan basis sebesar 1.000, berdasarkan rumus (1), jumlah interval yang terbentuk sebanyak 26 interval. Yang kemudian di partisi kedalam interval u_1, \dots, u_6 , dengan panjang yang sama yaitu $u_1 =$

[488.000, 489.000], ..., $u_{26} = [513.000, 514.000]$

- Langkah 4. Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i menjadi suatu himpunan-himpunan fuzzy yang variabel linguistiknya ditentukan sesuai keadaan semesta. Yang didefinisikan dengan:

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_{26}}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \dots + \frac{0}{u_{26}}$$

$$A_3 = \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \dots + \frac{0}{u_{26}}$$

...

$$A_{25} = \frac{0}{u_1} + \dots + \frac{0,5}{u_{24}} + \frac{1}{u_{25}} + \frac{0,5}{u_{26}}$$

$$A_{26} = \frac{0}{u_1} + \dots + \frac{0,5}{u_{25}} + \frac{1}{u_{26}}$$

Langkah 5. Fuzzyfikasi data historis. hasil fuzzyfikasi untuk setiap periode data disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fuzzyfikasi data harga emas

Period	Gold Price (Rupiah)	Fuzz y set	Period	Gold Price (Rupiah)	Fuzz y set	Period	Gold Price (Rupiah)	Fuzz y set
9 th Jan 2015	488.500	A ₁	28 th	510.000	A ₂₃	16 th	502.500	A ₁₅
10 th	491.000	A ₄	29 th	506.000	A ₁₉	17 th	498.500	A ₁₁
11 th	491.000	A ₄	30 th	511.000	A ₂₄	18 th	497.000	A ₁₀
12 th	492.000	A ₅	31 st	513.000	A ₂₆	19 th	501.000	A ₁₄
13 th	494.500	A ₇	1 st Feb 2015	513.000	A ₂₆	20 th	501.000	A ₁₄
14 th	495.000	A ₈	2 nd	510.000	A ₂₃	21 st	497.000	A ₁₀
15 th	505.000	A ₁₈	3 rd	504.000	A ₁₇	22 nd	497.000	A ₁₀
16 th	508.000	A ₂₁	4 th	508.000	A ₂₁	23 rd	495.000	A ₈
17 th	508.500	A ₂₁	5 th	507.500	A ₂₀	24 th	495.000	A ₈
18 th	508.500	A ₂₁	6 th	504.500	A ₁₇	25 th	496.000	A ₉
19 th	506.500	A ₁₉	7 th	504.000	A ₁₇	26 th	498.500	A ₁₁
20 th	509.500	A ₂₂	8 th	504.000	A ₁₇	27 th	501.000	A ₁₄

21 st	507.500	A ₂₀	9 th	505.500	A ₁₈	28 th	499.500	A ₁₂
22 nd	512.000	A ₂₅	10 th	501.000	A ₁₄	1 st Mar 2015	499.500	A ₁₂
23 rd	504.500	A ₁₇	11 th	501.500	A ₁₄	2 nd	501.500	A ₁₄
24 th	506.000	A ₁₉	12 th	496.500	A ₉	3 rd	500.000	A ₁₃
25 th	506.000	A ₁₉	13 th	502.000	A ₁₅	4 th	501.000	A ₁₄
26 th	505.500	A ₁₈	14 th	502.000	A ₁₅			
27 th	513.500	A ₂₆	15 th	502.000	A ₁₅			

- Langkah 6. Menentukan *fuzzy logical relationship* (FLR) dan *fuzzy logical relationship group* (FLRG). Hasil FLRG disajikan pada Table 4.

Tabel 4. Fuzzy logical relationship group

LHS	RHS	LHS	RHS
A ₁	A ₄	A ₁₄	A ₁₄ , A ₉ , A ₁₄ , A ₁₀ , A ₁₂ , A ₁₃
A ₂	-	A ₁₅	A ₁₅ , A ₁₅ , A ₁₅ , A ₁₁
A ₃	-	A ₁₆	-
A ₄	A ₄ , A ₅	A ₁₇	A ₁₉ , A ₂₁ , A ₁₇ , A ₁₇ , A ₁₈
A ₅	A ₇	A ₁₈	A ₂₁ , A ₂₆ , A ₁₄
A ₆	-	A ₁₉	A ₂₂ , A ₁₉ , A ₁₈ , A ₂₄
A ₇	A ₈	A ₂₀	A ₂₅ , A ₁₇
A ₈	A ₁₈ , A ₈ , A ₉	A ₂₁	A ₂₁ , A ₂₁ , A ₁₉ , A ₂₀
A ₉	A ₁₅ , A ₁₁	A ₂₂	A ₂₀
A ₁₀	A ₁₄ , A ₁₀ , A ₈	A ₂₃	A ₁₉ , A ₁₇
A ₁₁	A ₁₀ , A ₁₄	A ₂₄	A ₂₆
A ₁₂	A ₁₂ , A ₁₄	A ₂₅	A ₁₇
A ₁₃	A ₁₄	A ₂₆	A ₂₃ , A ₂₆ , A ₂₃

- Langkah 7. Menghitung nilai peramalan. Misal untuk menghitung hasil perhitungan peramalan pada 11th January 2015 = $\left(\frac{1}{2}\right) \times Y(10^{th} Jan 2015) + \left(\frac{1}{2}\right) \times m_5 = \left(\frac{1}{2}\right) \times (491.000) + \left(\frac{1}{2}\right) \times (492.500) = 491.750$. Untuk hasil

perhitungan peramalan periode yang lain disajikan pada Tabel 5.

- Langkah 8. Menghitung nilai penyesuaian (D_t) pada nilai peramalan. Misal untuk menghitung nilai penyesuaian pada $12^{th} Jan 2015 = \frac{l}{2} = \frac{1.000}{2} = 500$.

Untuk hasil perhitungan nilai penyesuaian lain disajikan pada Tabel 5.

- Langkah 9. Menghitung nilai peramalan yang telah disesuaikan.

Misalkan untuk menghitung nilai peramalan yang telah disesuaikan periode $10^{th} Jan 2015$ is $F'(10^{th} Jan 2015) = F(10^{th} Jan 2015) + 1.500 = 493.000$. Untuk hasil perhitungan yang lain disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Peramalan harga emas

Per.	Gold price	Forecast	Adj. Value	Adj. Forecasting	Per.	Gold price	Forecast	Adj. Value	Adj. forecasting
9 th Jan 2015	488.500	-	-	-	6 th	504.500	508.500	-1.500	507.000
10 th	491.000	491.500	1.500	493.000	7 th	504.000	505.900	0	505.900
11 th	491.000	491.750	0	491.750	8 th	504.000	505.700	0	505.700
12 th	492.000	491.750	500	492.250	9 th	505.500	505.700	500	506.200
13 th	494.500	494.500	1.000	495.500	10 th	501.000	507.834	-2.000	505.834
14 th	495.000	495.500	500	496.000	11 th	501.500	499.334	0	499.334
15 th	505.000	499.000	500	499.500	12 th	496.500	499.500	-500	499.000
16 th	508.000	507.834	1.500	509.334	13 th	502.000	500.500	3.000	503.500
17 th	508.500	507.500	0	507.500	14 th	502.000	501.125	0	501.125
18 th	508.500	507.750	0	507.750	15 th	502.000	501.125	0	501.125
19 th	506.500	507.750	-500	507.250	16 th	502.500	501.125	0	501.125
20 th	509.500	508.250	500	508.750	17 th	498.500	501.500	-500	501.000
21 st	507.500	507.500	-1.000	506.500	18 th	497.000	499.500	-500	499.000
22 nd	512.000	508.500	2.500	511.000	19 th	501.000	498.000	500	498.500
23 rd	504.500	504.500	-4.000	500.500	20 th	501.000	499.334	0	499.334

24 th	506.000	505.900	500	506.400	21 st	497.000	499.334	-500	498.834
25 th	506.000	508.125	0	508.125	22 nd	497.000	498.000	0	498.000
26 th	505.500	508.125	-500	507.625	23 rd	495.000	498.000	-500	497.500
27 th	513.500	507.834	4.000	511.834	24 th	495.000	499.000	0	499.000
28 th	510.000	511.500	-500	511.000	25 th	496.000	499.000	500	499.500
29 th	506.000	505.500	-2.000	503.500	26 th	498.500	500.500	1.000	501.500
30 th	511.000	508.125	500	508.625	27 th	501.000	499.500	1.500	501.000
31 st	513.000	513.500	1.000	514.500	28 th	499.500	499.334	-500	498.834
1 st Feb 2015	513.000	511.334	0	511.334	1 st Mar 2015	499.500	500.500	0	500.500
2 nd	510.000	511.334	-500	510.834	2 nd	501.500	500.500	500	501.000
3 rd	504.000	505.500	-3.000	502.500	3 rd	500.000	499.500	-500	499.000
4 th	508.000	505.700	500	506.200	4 th	501.000	501.500	500	502.000
5 th	507.500	507.500	-500	507.000					

Sedangkan hasil peramalan harga emas untuk periode 7 hari kedepanya dapat dilihat dari tabel 6.

Tabel 6. Peramalan harga emas

Period	Adjusted forecasting value
5 th Mar 2015	499.334
6 th	498.778
7 th	498.593
8 th	498.531
9 th	498.510
10 th	498.504
11 th	498.502

4.2 AFER and MAE

Seperti (Jilani *et al*, 2007) (Stevenson and Porter, 2009) (Saxena *et al*, 2012)

kami menggunakan *average forecasting error rate* (AFER) untuk menghitung nilai kesalahan model peramalan.

AFER

$$= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{A_i}}{n} \times 100\% \quad (17)$$

Serta menggunakan *mean absolute error* (MAE) untuk menghitung nilai kesalahan model peramalan seperti pada (Chain and Draxler, 2014)

MAE

$$= \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (18)$$

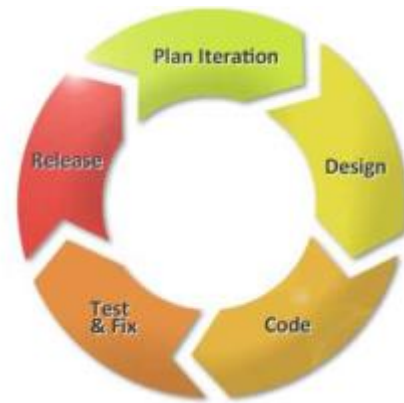
Dimana A_i nilai aktual pada periode i , F_i nilai prediksi pada periode i , dan n jumlah data hasil prediksi. Berdasarkan rumus (17) dan (18) diperoleh nilai AFER dan MAE masing-masing 0.33426% and 1.679.

4.3 Aplikasi peramalan harga emas

Seperti pada (Muslim *et al*, 2015) metode Agile digunakan sebagai metode untuk membangun sistem peramalan harga emas. Dalam beberapa tahun terakhir metode Agile menjadi populer. Semakin banyak yang mengadopsi dalam mengembangkan perangkat lunak (Hunt, 2005). Hal ini didorong oleh kebutuhan untuk menghasilkan yang lebih baik, solusi perangkat lunak yang lebih cepat dengan biaya yang efektif dan pada saat bersamaan menjaga kepuasan tingkat tinggi.

Metode Agile adalah pengembangan metodologi perangkat lunak didasarkan pada prinsip-prinsip yang sama atau pengembangan sistem jangka pendek yang memerlukan adaptasi cepat dari pengembangan untuk perubahan dari bentuk apapun. Pendekatan Agile sebagai reaksi terhadap pendekatan tradisional untuk pengembangan perangkat lunak secara resmi diperkenalkan untuk membuat manifesto Agile (Ghani *et al*, 2015). Dalam manifesto ini nilai-nilai baru yang dianggap di industri perangkat lunak dan juga beberapa diperkenalkan sebagai prinsip Agile mandasari organisasi. Dalam kompetitif dunia industri dan teknologi berkembang terlalu cepat dan karena itu, persyaratan pengguna/ klien perangkat lunak yang berubah dengan cepat. Dalam hal ini metode agile dapat mendukung

perubahan yang efektif (Gandomani *et al*, 2013). Metode Agile disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Agile method*

Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam metode agile adalah perencanaan, implementasi, pengujian (*test*), dokumentasi, *deployment* dan pemeliharaan. Tahap perencanaan merupakan tahap awal dalam pembuatan sistem yang meliputi tahap analisis sistem dan spesifikasi kebutuhan sistem, tahap ini bermaksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi masalah dan kebutuhan yang dibutuhkan, tahap ini meliputi analisis kebutuhan perangkat keras, analisis persyaratan perangkat lunak, analisis kebutuhan pengguna dan persyaratan proses analisis. Tahap selanjutnya adalah tahap perancangan sistem, seperti pada (Muslim & Widyastuti, 2014) desain aplikasi peramalan harga emas dibuat menggunakan GUI dengan mengaplikasikan fungsi-fungsi dari

software Matlab R2009a untuk menghitung nilai peramalan harga emas serta menampilkan hasil perhitungan AFER dan MAE dari model peramalan.

Setelah desain aplikasi dan pengaturannya dibuat, maka langkah selanjutnya adalah mengaplikasikan sistem secara keseluruhan. Tahap selanjutnya adalah pengujian sistem, setelah sistem berhasil dibangun dan digunakan untuk menghitung peramalan harga emas, sistem harus diuji untuk menentukan tingkat akurasi sistem dalam memodelkan serta menghitung peramalan harga emas, pada tahap ini untuk menguji tingkat keakuratan hasil model peramalan harga emas dihitung menggunakan parameter AFER dan MAE.

Tahap dokumentasi dan

pendokumentasian perangkat dilakukan dengan cara *capturing* dan mencatat langkah demi langkah yang dilakukan dalam membangun sistem serta cara penggunaan sistem. Tahap *Deployment*, pada proses *deployment* dilakukan dengan cara memberikan informasi mengenai aplikasi yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan harga emas kepada para pengguna. Terakhir adalah tahap pemeliharaan, tahap pemeliharaan bertujuan untuk menjaga sistem dalam kondisi terbaik.

Adapun tampilan desain aplikasi peramalan harga emas yang digunakan dapat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan desain aplikasi peramalan harga emas

Dari Gambar 2 terdapat 7 menu diantaranya menu Input, 4 hari, 7 hari, 10 hari, *Reset*, *Home* and *Exit*. Menu *Input*.

Digunakan untuk menginput data yang akan dihitung nilai peramalannya, menu 4 Hari digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan peramalan selama periode 4 hari kedepan, menu 7 Hari untuk menampilkan hasil perhitungan peramalan selama periode 7 hari kedepan, menu 10 Hari untuk menampilkan hasil perhitungan peramalan selama periode 10 hari kedepan, menu *Reset* untuk memulai perhitungan baru, menu *Home* untuk kembali ke Halaman Depan dan menu *Exit* untuk keluar dari aplikasi.

Aplikasi pada pembahasan ini diuji sebanyak lima kali menggunakan data historikal harga emas dengan mengambil 10 data uji selama 10 periode terakhir untuk uji pertama, 20 data uji selama 20 periode terakhir untuk uji kedua, 30 data uji selama 30 periode terakhir untuk uji ketiga, 40 data uji selama 40 periode terakhir untuk uji keempat, dan 55 data uji

selama 55 periode terakhir untuk uji kelima. Setelah data uji berhasil dimasukkan, kemudian dihitung menggunakan aplikasi Peramalan Harga Emas. Berikut disajikan nilai AFER dan MAE model peramalan dari kelima pengujian yang dihasilkan oleh aplikasi peramalan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai AFER dan MAE model peramalan yang dihasilkan oleh aplikasi peramalan harga emas

Data uji	<i>Error peramalan</i>	
	AFER (%)	MAE (Rp.)
10	0,08129	406
20	0,25347	1.265
30	0,26687	1.335
40	0,31404	1.561
55	0,33426	1.679

Akurasi hasil kerja aplikasi peramalan harga emas digunakan untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan aplikasi peramalan yang telah dirancang, serta untuk mengetahui apakah aplikasi

tersebut dapat digunakan untuk memodelkan peramalan harga emas. Untuk mengetahui hasil akurasi dapat dihitung dengan rumus

$$\begin{aligned} & \text{persentase akurasi} \\ &= 100\% \\ & - \text{kesalahan peramalan} \end{aligned} \quad (19)$$

Berdasarkan rumus diatas dengan kesalahan model peramalan untuk 55 data yang telah diperoleh pada Tabel 7. sebesar 0,33426% maka persentase hasil akurasi aplikasi peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chian* sebesar 99,66574%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa aplikasi yang telah dirancang dapat digunakan untuk membantu memodelkan peramalan harga emas.

Sedangkan pengujian hasil peramalan untuk periode 7 hari kedepan dari kelima uji dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai AFER dan MAE Hasil Peramalan Periode 7 Hari Kedepan

Data uji	Error Hasil Peramalan	
	AFER	MAE
	(%)	(Rp.)
10	0,801240	3.965
20	0,637202	3.153
30	0,823886	4.076
40	0,652116	3.227
55	0,652116	3.227

Berdasarkan rumus (19) dengan

kesalahan hasil peramalan untuk 55 data yang telah diperoleh pada Tabel 8. sebesar 0,652116% maka persentase hasil akurasi aplikasi peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chian* sebesar 99,347884%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa aplikasi yang telah dirancang dapat digunakan untuk membantu menghitung peramalan harga emas.

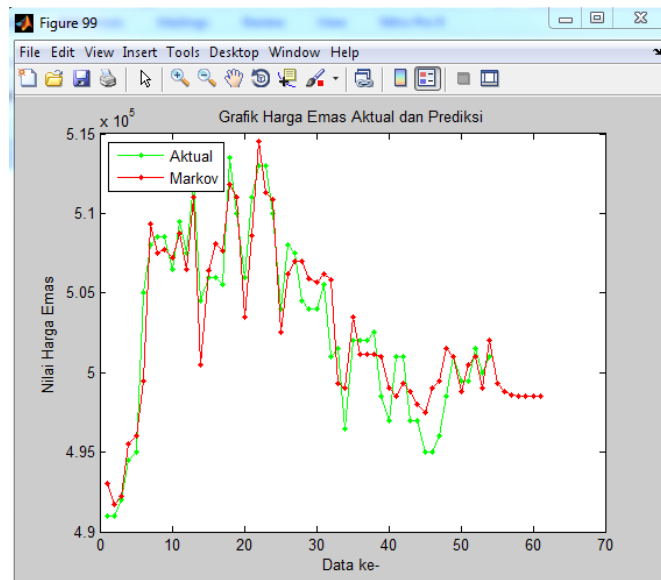
Sedangkan untuk hasil peramalan harga emas untuk periode 7 hari kedepan dari 55 data harga emas yang dihasilkan oleh aplikasi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Peramalan Harga Emas Periode 7 Hari Kedepan oleh Aplikasi Peramalan Harga Emas

Periode	Hasil Peramalan
ke-	(Rp.)
56	499.334
57	498.778
58	498.593
59	498.531
60	498.511
61	498.504
62	498.502

Gambar 3 merupakan visualisasi grafik perbandingan data aktual dengan data hasil peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* untuk 55 data harga penutupan emas yang digunakan selama periode 09 Januari 2015 sampai

dengan 04 Maret 2015.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Data Peramalan

Pada Gambar 4 Grafik dengan warna hijau merupakan grafik dari data aktual harga emas, sedangkan grafik dengan warna merah merupakan grafik data hasil peramalan dengan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

5. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan tentang peramalan harga emas menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat ditarik simpulan sebagai berikut, (1) Berdasarkan output aplikasi peramalan harga emas menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* yang dibuat pada *software* Matlab R2009a diperoleh peramalan harga emas untuk periode 7 hari

yaitu periode 05 Maret 2015 s/d 11 Maret 2015 masing-masing sebesar Rp. 499.334; Rp. 498.778; Rp. 498.593; Rp. 498.531; Rp. 498.510; Rp. 498.504 dan Rp. 498.502. (2) Persentase keakuratan hasil kerja aplikasi peramalan harga emas menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* sebesar 99,66574%. Dengan kesalahan model peramalan yang dihitung menggunakan parameter AFER dan MAE masing-masing sebesar 0,33426% dan Rp. 1.679, yang berarti terjadi penyimpangan pada model peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* sebesar 0,33426% dari data aktual.

Aplikasi peramalan menggunakan

Fuzzy Time Series Markov Chain yang dibuat menggunakan Matlab R2009a memungkinkan untuk dikembangkan agar dapat membaca data masukkan dengan format yang lain selain format excel, serta dapat melakukan perhitungan kesalahan hasil peramalan, dan dapat melakukan perhitungan peramalan menggunakan basis data aktual historikal harga emas secara *real time*.

6. Daftar Pustaka

- Bera, S. *et al.* 2014. *Uncertainty Analysis on Neutron Diffusion Equation Using Fuzzy α -cut Approach*. International Journal of Computer Science and Application. **11**(2), pp.105-113.
- Bernadette, B. M. *et al.* 2010. *Foundations of reasoning under uncertainty, Studies in fuzziness and soft computing*, vol. 249. Springer.
- Chai, T., Draxler, R. R. 2014. *Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE) Arguments Against Avoiding RMSE in the Literature*. Geoscientific Model Development, **7**, pp. 1247-1250.
- Chen, S. 1996. *Forecasting enrollment based on fuzzy time series*. Fuzzy sets and systems, **81**(3), pp.311-319.
- Chen, S., Hsu, C. 2004. *A new method to forecasting enrollments using fuzzy time series*. International journal of applied Science and engineering, **2**(3), pp.234-244.
- Cheng, C. H., Cheng, G. W., Wang, J. W. 2008. *Multi-attribute fuzzy time series method based on fuzzy clustering*. Expert systems with applications, **34**(2), pp.1235-1242.
- Gandomani, T. J., *et al.* 2013. *Important considerations for agile software development methods governance*. Journal of theoretical and applied information technology, **55**(3), pp.345-351.
- Ghani, I., *et al.* 2015. *Secure Dynamic System Development Method (SDSDM): A Survey About Its Suitability*. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, **74**(1), pp.4.
- Huarng, K. 2001. *Heuristic models of fuzzy time series for forecasting*. Fuzzy sets and system, **123**(3), pp.369-386.
- Huarng, K., Yu, H. K. 2006. *The application of neural networks to forecast fuzzy time series*. Physica A, **363**(2), pp.481-491.
- Jasim, H. T., Salim, A. G. J. 2012. *A Novel Algorithm to Forecast Enrollment Based on Fuzzy Time Series*, **7**(1), pp. 385-397.
- Jilani, T. A., Burney, S. M. A., Ardil, C. 2007. *Fuzzy metric approach for fuzzy time series forecasting based on frequency density based partitioning*. Proceedings of world journal academy of science, engineering and technology, **23**, pp. 333-338.
- John Hunt, 2005. *Agile Software Construction*. Springer.
- Li, S. T., Cheng, Y. C. 2007. *Deterministic fuzzy time series model for forecasting enrollment*. Computers and mathematics with application, **53**(12), pp.1904-1920.
- Megits, N., Reverchuk, S., Chyz, S. 2014. *Investment Risk and Insurance in the gold Market*. Journal of eastern european and central asian research, **1**(1), pp.1-8.
- Melike, S., Degtiarev, K. Y. 2005. *Forecasting enrollment model based on first order fuzzy time series*. Proceedings of world academy of science, engineering and technology, **1**, pp132-135.
- Muslim, M. A., Widyastuti, T. 2014. *Comparative Research of Haar and Daubechies Wavelet in Denoising Digital Image of Semarang District Region's Map*. International Journal of

- Information Technology and Business Management, **34**(1), pp.48-57.
- Muslim, M.A., Kurniawati, I., Sugiharti, E. 2015. *Expert System Diagnosis Chronic Kidney Disease Based On Mamdani Fuzzy Inference System*, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, **78**(1), pp.70-75.
- Ross, S. M. 2003. *Introduction to probability models*. Academic press, New york, USA.
- Ross, T. J. 2010. *Fuzzy logic with engineering application*, 3rd ed John Wiley & Sons Publication.
- Saxena, P., Sharma, K., Easo, S. 2012. *Forecasting enrollments based on fuzzy time series with higher forecast accuracy rate*. International journal computer technology and application, **3**(3), pp. 957-961.
- Singh, S. R. 2007. *A simple method of forecasting based on fuzzy time series*. Applied mathematic and computation, **186**(1), pp.330-339.
- Song, Q., Chissom, B. S. 1993. *Forecasting enrollment with fuzzy time series- part I*. Fuzzy sets and systems, **54**(1), pp.1-9.
- Stevenson, M., Porter, J. E. 2009. *Fuzzy time series forecasting using percentage change as the universe of discourse*. World academy of science, engineering and technology, **55**, pp.154-157.
- Sullivan, J., Woodall, W. 1994. *A comparison of fuzzy forecasting and markov modeling*. Fuzzy sets system, **64**, pp.279-293.
- Tsaur, R. 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**(7B), pp. 4931-4942.
- Tsaur, R. C., et al. 2005. *Fuzzy relation analysis in fuzzy time series model*. Computer and mathematics with applications, **49**(4), pp.539-548.
- Xihao, S., Yimin, L. 2008. *Average-based fuzzy time series models for forecasting shanghai compound index*. World journal of modelling and simulation, **4**(2), pp.104-111.
- Yu, H. 2005. *Weighted fuzzy time series models for taiex forecasting*. Physica A, **349**, pp.609-624.