

***FUZZY TIME SERIES* ORDE TINGGI BERDASARKAN RASIO INTERVAL**

ETNA VIANITA,* HERU TJAHAJANA, TITI UDJIANI

Program Studi S2 Matematika,

Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro,

Jalan Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia.

*email : etnavianita21@students.undip.ac.id, redemtusherutjahjana@lecturer.undip.ac.id,
udjianititi@lecturer.undip.ac.id*

Diterima 22 Desember 2021 Direvisi 17 Maret 2022 Dipublikasikan 7 April 2022

Abstrak. *Fuzzy Time Series* (FTS) adalah metode peramalan untuk memprediksi data *time series*, yang dibentuk dalam nilai-nilai linguistik, dan diperkenalkan pertama kali oleh Song dan Chissom. Metode peramalan FTS terus berkembang, antara lain pada pengembangan partisi interval pembicaraan menggunakan rasio interval oleh Huarng, dan pengembangan relasi logika *fuzzy* (FLR) orde tinggi oleh Chen. Kelemahan metode peramalan FTS adalah penggunaan FTS orde satu untuk menangani masalah peramalan di mana hasil peramalan tidak cukup baik. FTS orde tinggi digunakan untuk menangani masalah peramalan *fuzzy* sehingga dapat mengatasi kekurangan ini. Penelitian ini memodifikasi metode Chen orde tinggi pada langkah partisi interval pembicaraan menggunakan rasio interval untuk meningkatkan akurasi peramalan. Langkah pertama adalah pembentukan semesta pembicaraan. Kedua, mempartisi semesta pembicaraan menjadi beberapa interval dengan menggunakan rasio interval. Ketiga, *fuzzyfikasi*. Keempat, membangun relasi logika *fuzzy* (FLR) dan grup relasi logika *fuzzy* (FLRG). Kelima, defuzzyfikasi. Hasil penggabungan metode Huarng-Chen dibandingkan dengan metode Chen. Simulasi yang dilakukan menggunakan data produksi karet Indonesia tahun 2000-2020. Hasil dan *error* dari metode diuji menggunakan *Average Forecasting Error Rate* (AFER) dan *Mean Square Error* (MSE). Diperoleh hasil modifikasi menghasilkan *error* yang lebih kecil daripada metode sebelumnya.

Kata Kunci: *Fuzzy time series*, Rasio interval, Peramalan

1. Pendahuluan

Peramalan memiliki andil di berbagai bidang untuk mengambil keputusan yang akan terjadi di masa depan menggunakan data historis di masa sebelumnya. Salah satu metode peramalan yang menggunakan data *time series* adalah metode peramalan *Fuzzy Time Series* (FTS). Penelitian yang berkaitan dengan peramalan berdasarkan FTS pertama kali diperkenalkan tahun 1993 oleh Song dan Chissom. Chen memperkenalkan metode baru yang lebih efisien, yaitu dengan menggunakan

*penulis korespondensi

operasi aritmatika yang disederhanakan, jika dibandingkan dengan operasi komposisi maks-min yang disajikan oleh Song dan Chissom. Chen pada tahun 1996 merepresentasikan FLR pada orde satu [1]. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan mengimplementasikan peramalan FTS orde satu seperti pada [9] melakukan peramalan harga emas Indonesia dan [13] melakukan peramalan beban listrik menggunakan FTS orde satu. Kemudian pada tahun 2002 Chen mengkonstruksi FLR untuk orde tinggi [2]. Konstruksi pembagian interval pada semesta pembicaraan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan akurasi peramalan FTS. Huarng [3] mengembangkan konstruksi FTS untuk FLR biasa orde satu pada langkah pembagian interval berdasarkan ratio untuk meningkatkan akurasi peramalan.

Pada masalah manajemen ekonomi, peramalan yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan sangat diperlukan, sehingga dapat mencegah kerugian biaya produksi dan mendukung manajemen dalam pengambilan keputusan [4], [5]. Indonesia merupakan penghasil karet terbesar ke-2 untuk komoditas karet dunia [6], sehingga potensi besar dimiliki oleh Indonesia untuk menjadi produsen utama dalam dekade mendatang [7]. Potensi tersebut akan dapat dimanfaatkan dengan baik, salah satunya dengan melakukan estimasi terhadap produksi karet Indonesia. Proses estimasi produksi harus didasarkan pada data produksi pada tahun-tahun sebelumnya [4].

2. *Fuzzy Time Series (FTS)*

Pada tahun 1993, Song dan Chissom pertama kali memperkenalkan definisi FTS [10], dimana nilai-nilai dari FTS direpresentasikan oleh himpunan *fuzzy*.

Definisi 2.1. [10] *Representasi himpunan fuzzy yang didefinisikan dalam semesta pembicaraan*

$$A = f_A(u_1)/u_1 + f_A(u_2)/u_2 + \dots + f_A(u_n)/u_n,$$

dimana f_A adalah fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy A , $f_A : U \rightarrow [0, 1]$, $f_A(u_i)$ adalah derajat keanggotaan u_i dari himpunan fuzzy A , $f_A(\mu_i) \in [0, 1]$, dan $1 \leq n \leq i$ ($i = 1, 2, \dots$).

Definisi 2.2. [14] *Misalkan $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) adalah semesta pembicaraan subset dari R . Asumsikan bahwa $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) adalah definisi dalam semesta pembicaraan $Y(t)$ dan asumsikan bahwa $F(t)$ adalah kumpulan dari $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$), kemudian $F(t)$ disebut FTS dari $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$).*

Definisi 2.3. [14] $F(t)$ adalah FTS dan $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$, dimana $R(t, t-1)$ adalah relasi fuzzy dan " \circ " adalah operator komposisi max-min, kemudian $F(t)$ terjadi disebabkan oleh $F(t-1)$ dan hal tersebut dinyatakan sebagai " $F(t-1) \rightarrow F(t)$ ", dimana $F(t-1)$ dan $F(t)$ adalah himpunan fuzzy.

Definisi 2.4. [11] *Misalkan F adalah FTS. Jika $F(t)$ terjadi dikarenakan $F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-h)$ kemudian dinyatakan sebagai $F(t-h) \cdots F(t-2)F(t-1) \rightarrow F(t)$ maka $F(t-h) \cdots F(t-2)F(t-1) \rightarrow F(t)$ disebut orde h FLR dengan $h \in \mathbb{Z}^+$. FLR dengan $h = 1$ dan $h \geq 2$ masing-masing merupakan FLR orde satu dan FLR orde tinggi.*

Definisi 2.5. [2] Jika $F(t) = A_j$, $F(t - 1) = A_{i_1}$, $F(t - 2) = A_{i_2}$, $F(t - h) = A_{i_h}$ maka hubungan antara $F(t)$ dan $F(t - 1), F(t - 2), \dots, F(t - h)$ disebut sebagai FLR. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan $A_{i_h}, \dots, A_{i_2}, A_{i_1} \rightarrow A_j$, dimana $A_{i_h}, \dots, A_{i_2}, A_{i_1}$ disebut kondisi sekarang dan A_j disebut kondisi berikutnya dari FLR. Jika terdapat FLR mempunyai himpunan fuzzy yang sama pada kondisi sekarang maka dapat dikelompokkan ke dalam grup relasi logika fuzzy (FLRG).

Definisi 2.6. [1] Fuzzyfikasi data dari tahun ke- $i, i + 1, \dots, i + h$ berturut-turut adalah $A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_h}$ dan asumsikan bahwa fuzzyfikasi data dari tahun ke- $i + (h + 1)$ adalah A_j , dimana $A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_h}$ dan A_j adalah himpunan fuzzy yang didefinisikan didalam semesta pembicaraan U , maka relasi logika fuzzy (FLR) dapat direpresentasikan oleh $A_{i_h}, \dots, A_{i_2}, A_{i_1} \rightarrow A_j$, dimana $A_{i_h}, \dots, A_{i_2}, A_{i_1}$ disebut kondisi sekarang dari FLR dan A_j disebut kondisi berikutnya dari FLR.

2.1. Fuzzy Time Series (FTS) Chen Orde Tinggi

Tahapan-tahapan peramalan pada data runtun waktu menggunakan metode FTS Chen orde tinggi adalah sebagai berikut [2]:

- (1) Menentukan semesta pembicaraan $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2]$ dimana D_{\min} adalah nilai data terkecil, D_{\max} adalah nilai data terbesar, D_1 dan D_2 merupakan dua nilai bernilai positif.
- (2) Partisi U ke dalam tujuh interval sama panjang $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$.
- (3) Proses fuzzyfikasi yakni mengubah nilai numerik menjadi nilai linguistik fuzzy.
- (4) Menentukan FLR orde tinggi dan FLRG sesuai dengan Definisi 2.4 dan Definisi 2.5.
- (5) Proses defuzzyfikasi yakni mengubah nilai linguistik fuzzy menjadi nilai numerik.
- (6) Hitung error menggunakan AFER dan MSE.

2.2. Fuzzy Time Series (FTS) Huarng Rasio Interval

Tahapan-tahapan peramalan pada data runtun waktu menggunakan metode FTS Huarng adalah sebagai berikut [3]:

- (1) Menentukan semesta pembicaraan $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2]$ dimana D_{\min} adalah nilai data terkecil, D_{\max} adalah nilai data terbesar, D_1 dan D_2 merupakan dua nilai bernilai positif.
- (2) Partisi U ke dalam beberapa interval dengan panjang interval yang berbeda menggunakan algoritma rasio interval [3].
- (3) Proses fuzzyfikasi yakni mengubah nilai numerik menjadi nilai linguistik fuzzy.
- (4) Menentukan FLR orde satu dan FLRG sesuai dengan Definisi 2.4 dan Definisi 2.5.
- (5) Proses defuzzyfikasi yakni mengubah nilai linguistik fuzzy menjadi nilai numerik.

- (6) Hitung *error* menggunakan AFER dan MSE.

2.3. *Fuzzy Time Series (FTS) Huarng-Chen*

Tahapan-tahapan peramalan pada data runtun waktu menggunakan metode FTS Huarng-Chen adalah sebagai berikut:

- (1) Menentukan semesta pembicaraan $U = [D_{\min} - D_1, D_{\max} + D_2]$ dimana D_{\min} adalah nilai data terkecil, D_{\max} adalah nilai data terbesar, D_1 dan D_2 merupakan dua nilai bernilai positif.
- (2) Partisi U ke dalam beberapa interval dengan panjang interval yang berbeda menggunakan algoritma rasio interval.
- (3) Proses fuzzyfikasi yakni mengubah nilai numerik menjadi nilai linguistik fuzzy.
- (4) Menentukan FLR orde tinggi dan FLRG sesuai dengan Definisi 2.4 dan Definisi 2.5.
- (5) Proses defuzzyfikasi yakni mengubah nilai linguistik fuzzy menjadi nilai numerik.
- (6) Hitung *error* menggunakan AFER dan MSE.

2.4. *Akurasi Peramalan*

Nilai ramalan yang optimum memiliki tingkat kesalahan yang kecil dan akurasi yang dihasilkan tinggi merupakan tujuan dari metode peramalan. Berikut beberapa metode untuk mengukur tingkat akurasi:

- (1) *Mean Square Error (MSE)*.
Metode *Mean Square Error (MSE)* untuk mencari besarnya kesalahan kuadrat yang terjadi antara data hasil peramalan dan data aktual. Adapun perhitungan MSE [2]:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i - A_i)^2}{n} \quad (2.1)$$

- (2) *Average Forecasting Error Rate (AFER)*.
Metode *Average Forecast Error Rate (AFER)* untuk mencari besarnya kesalahan yang terjadi antara data hasil peramalan dan data aktual dihitung menggunakan formula [8] :

$$AFER = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{F_i - A_i}{A_i} \right|}{n} \times 100\%, \quad (2.2)$$

dengan A_i adalah data aktual pada waktu ke- i dan F_i adalah data hasil peramalan pada waktu ke- i . Kriteria keakuratan AFER yaitu jika $< 10\%$ maka akurasi sangat baik.

3. Peramalan menggunakan Metode Huarng-Chen

Simulasi yang dilakukan menggunakan data produksi karet Indonesia tahun 2000-2020 [15].

Tahun	Produksi Karet (ton)
2000	1125,2
2001	1723,3
2002	1226,6
2003	1396,2
2004	1662
2005	1838,7
2006	2082,6
2007	2176,7
2008	2148,7
2009	1918
2010	2193,4
2011	2359,8
2012	2429,5
2013	2655,94
2014	2583,4
2015	2568,6
2016	2754,7
2017	3050,2
2018	3111,3
2019	2926,6
2020	2533,5

Tabel 1. [15] Data Produksi Karet Indonesia Tahun 2000-2020

Berikut langkah-langkah berdasarkan algoritma Huarng dalam penentuan pembagian interval pada semesta pembicaraan.

- (1) Tentukan nilai rasio dengan menggunakan rumus $\frac{|x_t - x_{t-1}|}{x_t}$, setelah itu tentukan rasio terkecil, yakni sebesar 0,572888442, kemudian dipetakan ke tabel basis. Diperoleh basis sebesar 1%.
- (2) Tentukan rasio persentil, α . Pilih α sebagai persentil ke-50 sehingga diperoleh rasio sebesar 1,12%.
- (3) Data terkecil pada Tabel 1 diperoleh sebesar 1125,2, menggunakan algoritma Huarng, diperoleh nilai $a = 1$, $b = 1$, $b' = b - 1 = 0$ sehingga didapatkan $upper_0 = initial = 1000$, ini artinya nilai $D_1 = 125,2$.
- (4) Langkah selanjutnya, untuk memperoleh partisi interval, untuk $j \geq 1$ gunakan rumus $lower_j = upper_{j-1}$; $upper_j = (1 + ratio)^j \times upper_0$; $interval_j = [lower_j, upper_j]$ diperoleh interval pada tabel 2.
- (5) Data terbesar pada Tabel 1 diperoleh sebesar 3111,3. Berdasarkan Tabel 2, diperoleh $upper_{12} = 3280,889$, artinya nilai $D_2 = 169,5894833$.
- (6) Diperoleh semesta pembicaraan $U = [1000; 3280,889]$

Setelah diperoleh semesta pembicaraan U , dengan menggunakan algoritma Huarng akan diperoleh partisi interval pada semesta pembicaraan U . Langkah selanjutnya adalah fuzzyfikasi, yakni dengan pembentukan nilai-nilai linguistik. Kemudian pembentukan relasi logika fuzzy (FLR) dan grup relasi logika fuzzy (FLRG)

dengan menggunakan metode Chen.

Implementasi metode FTS dalam penelitian ini adalah penggabungan metode Huarng dan Chen untuk peramalan produksi karet di Indonesia tahun 2000 – 2020. Berdasarkan data berikut simulasi FTS orde empat berdasarkan rasio interval:

(1) **Pembentukan semesta pembicaraan.**

Dari data produksi karet diperoleh data minimum sebesar 1125,2 dan data maksimum sebesar 3111,3. Penentuan nilai D_1 dan D_2 menggunakan algoritma rasio interval [3] dengan rasio 1,12 diperoleh nilai $D_1=125,2$ dan $D_2=169,5894833$ sehingga semesta pembicaraan untuk faktor utama yaitu $U = [1000; 3280, 889]$.

(2) **Partisi semesta pembicaraan.**

Berdasarkan algoritma rasio interval [3] diperoleh 13 partisi u_1, u_2, \dots, u_{13} dengan panjang interval yang berbeda.

	Partisi U
u_1	[1000; 1095, 7]
u_2	[1095, 7; 1200, 55849]
u_3	[1200, 55849; 1315, 451937]
u_4	[1315, 451937; 1441, 340688]
u_5	[1441, 340688; 1579, 276992]
u_6	[1579, 276992; 1730, 4138]
u_7	[1730, 4138; 1896, 014401]
u_8	[1896, 014401; 2077, 462979]
u_9	[2077, 462979; 2276, 276186]
u_{10}	[2276, 276186; 2494, 115817]
u_{11}	[2494, 115817; 2732, 8027]
u_{12}	[2732, 8027; 2994, 331919]
u_{13}	[2994, 331919; 3280, 889483]

Tabel 2. Partisi Semesta Pembicaraan

Hasil partisi interval pada semesta pembicaraan tampak pada Tabel 2.

(3) **Fuzzyfikasi.**

Setelah diperoleh partisi interval, langkah berikutnya yakni melakukan fuzzyfikasi berdasarkan partisi interval yang telah terbentuk. Kelompokkan data yang ada sesuai dengan partisi interval. Pembentukan fuzzyfikasi dari nilai-nilai linguistik sebagai berikut:

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12}$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + \dots + 0/u_{10} + 0/u_{11} + 0/u_{12}$$

⋮

$$A_{12} = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{10} + 0,5/u_{11} + 1/u_{12}$$

Dengan menggunakan data produksi karet Indonesia tahun 2000-2020,

diperoleh fuzzyfikasi produksi karet terlihat pada Tabel 3.

Tahun	Produksi Karet (ton)
2000	A_2
2001	A_6
2002	A_3
2003	A_4
2004	A_6
2005	A_7
2006	A_9
2007	A_9
2008	A_9
2009	A_8
2010	A_9
2011	A_{10}
2012	A_{10}
2013	A_{10}
2014	A_{11}
2015	A_{11}
2016	A_{12}
2017	A_{13}
2018	A_{13}
2019	A_{12}
2020	A_{10}

Tabel 3. Fuzzyfikasi

(4) **Relasi Logika Fuzzy (FLR) dan Grup Relasi Logika Fuzzy (FLRG).**

Pada tahap ini setelah fuzzyfikasi terbentuk, langkah berikutnya adalah pembentukan FLR orde empat. Berdasarkan metode Chen, konstruksi FLR orde empat $F(t-4)F(t-3)F(t-2)F(t-1) \rightarrow F(t)$ ditunjukkan pada Tabel 4.

Dilanjutkan pembentukan grup relasi logika fuzzy (FLRG), yaitu dengan cara mengelompokkan sisi kiri pada tabel FLR atau yang sama, sehingga digabungkan dalam sebuah grup yang sesuai, lihat Tabel 5.

(5) **Defuzzyfikasi.**

Setelah FLRG terbentuk maka langkah berikutnya adalah proses hasil peramalan dengan mengubah bilangan fuzzy kembali ke bilangan tegas (defuzzyfikasi). Misalnya untuk tahun 2004, fuzzyfikasi FLR $A_2, A_6, A_3, A_4 \rightarrow A_6$, dimana nilai keanggotaan maksimum dari himpunan fuzzy A_6 pada sisi kanan terjadi pada interval $u_6 = [1579, 276992; 1730, 4138]$ dan titik tengah dari interval u_6 adalah 1654,845396. Sehingga nilai peramalan tahun 2004 sama dengan 1689.337849. Hasil defuzzyfikasi tahun yang lain selengkapnya lihat pada Tabel 6.

(6) **MSE dan AFER.**

Menghitung akurasi peramalan menggunakan persamaan (2.2) dan per-

Tahun	FLR
2000	NA
2001	NA
2002	NA
2003	NA
2004	$A_2, A_6, A_3, A_4 \rightarrow A_6$
2005	$A_6, A_3, A_4, A_6 \rightarrow A_7$
2006	$A_3, A_4, A_6, A_7 \rightarrow A_9$
2007	$A_4, A_6, A_7, A_9 \rightarrow A_9$
2008	$A_6, A_7, A_9, A_9 \rightarrow A_9$
2009	$A_7, A_9, A_9, A_9 \rightarrow A_8$
2010	$A_9, A_9, A_9, A_8 \rightarrow A_9$
2011	$A_9, A_9, A_8, A_9 \rightarrow A_{10}$
2012	$A_9, A_8, A_9, A_{10} \rightarrow A_{10}$
2013	$A_8, A_9, A_{10}, A_{10} \rightarrow A_{10}$
2014	$A_9, A_{10}, A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{11}$
2015	$A_{10}, A_{10}, A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{11}$
2016	$A_{10}, A_{11}, A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{12}$
2017	$A_{11}, A_{11}, A_{11}, A_{12} \rightarrow A_{13}$
2018	$A_{11}, A_{11}, A_{12}, A_{13} \rightarrow A_{13}$
2019	$A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{12}$
2020	$A_{12}, A_{13}, A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{11}$

Tabel 4. Relasi Logika Fuzzy (FLR) Orde Empat

Grup	FLRG
1	$A_2, A_6, A_3, A_4 \rightarrow A_6$
2	$A_6, A_3, A_4, A_6 \rightarrow A_7$
3	$A_3, A_4, A_6, A_7 \rightarrow A_9$
4	$A_4, A_6, A_7, A_9 \rightarrow A_9$
5	$A_6, A_7, A_9, A_9 \rightarrow A_9$
6	$A_7, A_9, A_9, A_9 \rightarrow A_8$
7	$A_9, A_9, A_9, A_8 \rightarrow A_9$
8	$A_9, A_9, A_8, A_9 \rightarrow A_{10}$
9	$A_9, A_8, A_9, A_{10} \rightarrow A_{10}$
10	$A_8, A_9, A_{10}, A_{10} \rightarrow A_{10}$
11	$A_9, A_{10}, A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{11}$
12	$A_{10}, A_{10}, A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{11}$
13	$A_{10}, A_{11}, A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{12}$
14	$A_{11}, A_{11}, A_{11}, A_{12} \rightarrow A_{13}$
15	$A_{11}, A_{11}, A_{12}, A_{13} \rightarrow A_{13}$
16	$A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{13} \rightarrow A_{12}$
17	$A_{12}, A_{13}, A_{13}, A_{12} \rightarrow A_{11}$
18	$A_{13}, A_{13}, A_{12}, A_{11} \rightarrow \#$

Tabel 5. Grup Relasi Logika Fuzzy (FLRG) Orde Empat

Tahun	Hasil akhir peramalan
2000	Na
2001	Na
2002	Na
2003	Na
2004	1654,845396
2005	1813,2141
2006	2176,869582
2007	2176,869582
2008	2176,869582
2009	1986,73869
2010	2176,869582
2011	2385,196001
2012	2385,196001
2013	2613,459258
2014	2613,459258
2015	2613,459258
2016	2863,56731
2017	3137,610701
2018	3137,610701
2019	2863,56731
2020	2613,459258

Tabel 6. Grup Relasi Logika Fuzzy (FLRG) Orde Empat

samaan (2.1). Berdasarkan simulasi dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.1) diperoleh nilai MSE dan AFER untuk orde satu ($h = 1$) dan orde tinggi ($h \geq 2$) dari metode Chen dan Huarng-Chen masing-masing dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Orde (h) ke-	1	2	3	4	5
Chen	69882,2	24715,5	25998,2	26544,6	27430,5
Huarng-Chen	27603,5	2871,7	2976,5	3132,9	3325,5

Tabel 7. Hasil Akurasi Peramalan MSE Metode Chen dan Metode Huarng-Chen

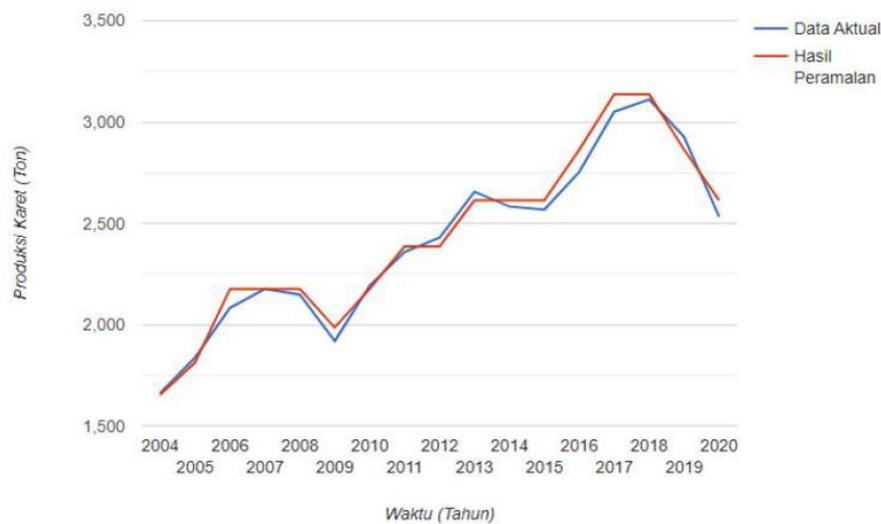
Berdasarkan Tabel 7, hasil akurasi peramalan menggunakan MSE untuk metode yang diusulkan, yakni dengan menggabungkan metode Huarng rasio interval dengan metode Chen orde tinggi, menghasilkan MSE yang kecil atau *error* yang kecil daripada metode Chen. Perhatikan orde tinggi ($h \geq 2$) memiliki *error* yang kecil daripada orde satu ($h = 1$). Sehingga modifikasi metode dengan menggunakan metode Huarng-Chen orde tinggi ($h \geq 2$) memiliki nilai *error* yang lebih kecil daripada metode Chen.

Berdasarkan Tabel 8, hasil akurasi peramalan menggunakan AFER untuk metode yang diusulkan, yakni dengan menggabungkan metode Huarng rasio interval dengan metode Chen orde tinggi, menghasilkan MSE yang kecil atau *error* yang

Orde (h) ke-	1	2	3	4	5
Chen	10,99%	4,58%	4,66%	4,39%	4,24%
Huarng-Chen	3,67%	1,91%	1,87%	1,90%	1,99%

Tabel 8. Hasil Akurasi Peramalan AFER Metode Chen dan Metode Huarng-Chen

kecil daripada metode Chen. AFER metode Chen orde satu ($h = 1$) sebesar 10,99%, yang artinya ketepatan peramalan baik, sedangkan untuk metode Chen orde tinggi ($h \geq 2$), nilai AFER sekitar 4%, yang artinya ketepatan metode peramalan sangat baik. Perhatikan orde tinggi ($h \geq 2$) memiliki *error* yang kecil daripada orde satu ($h = 1$). Sehingga modifikasi metode dengan menggunakan metode Huarng-Chen orde tinggi ($h \geq 2$) memiliki nilai *error* yang lebih kecil daripada metode Chen.



Gambar 1. Grafik Data Aktual dan Hasil Peramalan

Gambar 1 merupakan grafik data aktual dari tahun 2004-2020 dan hasil peramalan metode Huarng-Chen orde tinggi untuk $h = 4$. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa hasil peramalan mendekati data aktual dengan nilai akurasi AFER sesuai dengan Tabel 8, yakni nilai *error* sekitar 1%. Nilai akurasi AFER metode Huarng-Chen orde tinggi ($h \geq 2$) memiliki nilai keakuratan yang sangat baik karena nilai AFER $< 10\%$.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil MSE dan AFER pada modifikasi metode Chen (metode Huarng-Chen) lebih kecil daripada metode Chen pada orde tinggi ($h \geq 2$). Nilai AFER metode Huarng-Chen orde tinggi

($h \geq 2$) berdasarkan rasio interval sebesar $< 10\%$ yang artinya ketepatan peramalan sangat baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa modifikasi metode Chen dengan menggabungkannya dengan metode Huarng menghasilkan nilai peramalan yang sangat baik.

Daftar Pustaka

- [1] Chen, S.M., 1996, *Forecasting enrollments based on fuzzy time series*, *Fuzzy Sets Syst.*, **Volume 81**: 311 – 319
- [2] Chen, S.M., 2002, *Forecasting enrollments based on high-order fuzzy time series*, *Cybern. Syst.*, **volume 33** No 1: 1 – 16
- [3] Huarng, K., Yu, T.H.K., 2006, *Ratio-based lengths of intervals to improve fuzzy time series forecasting*, *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part B Cybern.*, **Volume 36** No 2: 328 – 340
- [4] Mashuri, C., Suryono, S., Suseno, J.E. , 2018, *Prediction of Safety Stock Using Fuzzy Time Series (FTS) and Technology of Radio Frequency Identification (RFID) for Stock Control at Vendor Managed Inventory (VMI)*, *E3S Web Conf.*, **Volume 31** : 0 – 4.
- [5] Suesut, T., Gulphanich, S., Nilas, P., Roengruen, P., Tirasesth, K. , 2004, *Demand forecasting approach inventory control for warehouse automation*, *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, **Volume B**: 438 – 441.
- [6] News, A. 10 negara penghasil karet alami terbesar di dunia, 2021, diakses 21 Desember 2021.
- [7] Suryana, A., Goenadi, D.H., Supriadi, M., Wibawa, G., Sarjono, M., Hadi, P.U., 2007, *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Karet*, Edisi ke-2, Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- [8] Lee, L.W., Wang, L.H., Chen, S.M., Leu, Y.H., 2006, *Handling forecasting problems based on two-factors high-order fuzzy time series*, *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, **Volume 14** No 3: 468 – 477.
- [9] Aditya, F., Devianto, D., Maiyastri., 2019, *Peramalan Harga Emas Indonesia menggunakan Metode Fuzzy Time Series Klasik*, *Jurnal Matematika UNAND*, **Volume VIII** No. 2: 45 – 52.
- [10] Song, Q. and Chissom, B.S., 1993, *Fuzzy Time Series and Its Models*, *Fuzzy Sets Syst.*, **Vol. 54** No. 3: 269 – 277.
- [11] Jilani, T.A., Burney, S.M.A., Ardil, C., 2007, *Multivariate High Order Fuzzy Time Series Forecasting for Car Road Accidents*, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, **Vol. 2** No. 1: 288 – 293.
- [12] Gautam, S.S., Abhishekh, Singh, S.R., 2018, *New High-order Approach for Forecasting Fuzzy Time Series Data*, *Journal of Computational Intelligence and Applications*, **Vol. 17** No.4: 17 halaman.
- [13] Fauziah, L., Devianto D., Maiyastri., 2019, *Peramalan Beban Listrik Jangka Menengah di Wilayah Teluk Kuantan dengan Metode Fuzzy Time Series Cheng*, *Jurnal Matematika UNAND*, **Volume VIII** No 2: 84 – 92.
- [14] Lee, L-W., Wang, L-H., Chen, S-M., 2006, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **Vol. 14** No. 3: 468 – 477.
- [15] Badan Pusat Statistika. <https://www.bps.go.id/>, diakses 1 Agustus 2021.