

Pemodelan *Fuzzy Time Series Cheng* untuk Meramalkan Nilai Ekspor Migas di Indonesia

Engki Dulfritri Eha*, Suwanda

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*engkidul321@gmail.com, idris100358@gmail.com

Abstract. Forecasting is useful for predicting future events which include the short, medium and long term. The data commonly used is time series data which is a collection of data that is arranged at a certain time continuously. There are several methods in the analysis of time series data, namely the traditional method (ARIMA) and Fuzzy time series. The fuzzy times series method is proven to be able to improve traditional methods such as handling data fluctuations, uncertainty of data subjectivity. With the privilege of not requiring the fulfillment of the assumption test. This thesis will discuss the Fuzzy time series cheng which is the development of the fuzzy time series chen and yu which can minimize forecasting errors. The Cheng's Fuzzy time series method has been applied to the value of Indonesia's oil and gas exports based on data for 1975-2022 with the forecast model obtained with a MAPE of 19.7668%. From the results of the forecasting model obtained in 2023 it is estimated that the value of Indonesia's oil and gas exports will be 15,215.9182 (million US\$), experiencing a decrease of 803,7818 (million US\$) when compared to the export value in 2022 of 16,019.7 (million US\$) .

Keywords: *Forecasting, Fuzzy Time Series Cheng, Export, Oil and Gas.*

Abstrak. Peramalan berguna untuk memprediksi kejadian yang akan datang yang meliputi jangka pendek, menengah dan panjang. Data yang biasanya digunakan adalah data deret waktu yang merupakan kumpulan data yang disusun pada waktu tertentu secara terus menerus. Ada beberapa metode dalam analisis data deret waktu yaitu metode tradisional (ARIMA) dan Fuzzy time series. Metode fuzzy times series telah terbukti dapat memperbaiki metode tradisional seperti menangani fluktuasi data, ketidakpastian subjektivitas dalam data. Dengan keistimewaan tidak membutuhkan pemenuhan uji asumsi. Dalam skripsi ini akan di bahas Fuzzy time series cheng yang merupakan pengembangan dari Fuzzy time series chen dan yu yang dapat memperkecil kekeliruan peramalan. Metode Fuzzy time series cheng telah di terapkan pada nilai ekspor migas Indonesia berdasarkan data dari tahun 1975-2022 dengan diperoleh model ramalan dengan MAPE sebesar 19.7668%. Dari hasil model peramalan yang diperoleh pada tahun 2023 diperkirakan nilai ekspor migas Indonesia sebesar 15,215.9182(juta US\$), mengalami penurunan sebesar 803.7818 (juta US\$) jika dibandingkan dengan nilai ekspor tahun 2022 sebesar 16,019.7 (juta US\$).

Kata Kunci: *Peramalan, Fuzzy Time Series Cheng, Ekspor, Migas.*

A. Pendahuluan

Peramalan dilakukan untuk memprediksi masa depan pada data historis dengan seakurat mungkin, mengingat semua informasi yang tersedia, pengetahuan tentang peristiwa masa depan yang mungkin berdampak pada ramalan (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Terdapat 2 pendekatan pada peramalan yaitu kualitatif dan kuantitatif. Metode peramalan kualitatif sangat penting dimana data historis tidak tersedia. Metode ini sangat subyektif dan membutuhkan penilaian ahli. Metode kualitatif hanya menggunakan intuisi, tanpa menggunakan pendekatan matematis atau statistik. Data yang di pakai pada peramalan adalah data deret waktu yaitu sekumpulan pengamatan yang masing-masing dicatat pada waktu tertentu .

Ada berbagai macam metode yang digunakan untuk memproyeksikan masa depan seperti *moving averages* mengharuskan pola data stasioner, *single exponential smoothing* mengharuskan pola data stasioner, *Double exponential smoothing* mengharuskan pola data tren, *Trend Analysis* mengharuskan pola data linier, non linier dengan musiman atau tanpa musiman dan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* mengharuskan pola data stasioner. Ketika menggunakan beberapa metode peramalan data, asumsi tertentu harus dipenuhi, sehingga banyak peneliti mengembangkan metode peramalan baru yang tidak memerlukan asumsi khusus untuk datanya, yaitu *Fuzzy time series* (Lintang Afdianti Nurkhasanah, Suparti, 2015). *Fuzzy time series* (FTS) adalah metode yang cocok untuk peramalan. Metode ini mampu menangani *fluktuasi* data, ketidakpastian dan *subjektivitas* dalam data, dibandingkan dengan statistik klasik (Qiang & Brad S., 1993). Metode *Fuzzy time series* sendiri banyak dikembangkan diantaranya *Fuzzy time series Chen*, *Cheng* dan lainnya. Prediksi oleh Chen dalam memanfaatkan operasi aritmatika dan hasilnya lebih baik dalam memprediksi pendaftaran siswa (Chen, 1996). Model *Chen* memiliki kelemahan karena tidak menekankan pengulangan dan tidak memiliki bobot yang lebih kecil, kemudian model *Cheng* dikembangkan untuk menyempurnakan model *Chen* dengan kelebihan memperdulikan pengulangan dan adanya pembobotan yang semakin kecil, menggunakan nilai adaptif (Cheng et al., 2008). Model *Fuzzy time series Cheng* telah diusulkan oleh bidin dkk dalam jurnalnya dan diterapkan untuk memprediksi harga minyak mentah di Malaysia dengan nilai kesalahannya yaitu 8,09% ($< 10\%$), jurnal sebelumnya memaknai tentang kondisi harga minyak dikaitkan dengan kondisi kecukupan biaya dari satu tahun ke tahun lainnya baik itu diperluas atau dikurangi, dan dalam hal ini akan memaknai kondisi perkembangan ekonomi dari sektor ekspor di Indonesia.

Penjualan barang dari satu negara ke negara lain dikenal dengan istilah ekspor, dan memiliki dampak yang signifikan terhadap perekonomian suatu negara, terutama di negara berkembang seperti Indonesia (Agnesya & Anneke, 2023). Menurut Perdana (2010), ekspor pada awalnya merupakan komoditi yang diproduksi oleh produsen semata-mata untuk keperluan dalam negeri. Namun, karena permintaan barang dan jasa tumbuh di berbagai negara yang tidak mampu memenuhi kebutuhan mereka sendiri, negara-negara tersebut mampu memproduksi komoditas dalam jumlah besar dan mengekspornya ke negara-negara yang membutuhkannya. Indonesia sendiri merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam yang melimpah, salah satunya minyak dan gas bumi, dimana minyak dan gas bumi merupakan sumber yang sangat dibutuhkan dan memiliki banyak hikmahnya di dunia seperti yang dijelaskan pada QS. Sad ayat 27 yang artinya “Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya tanpa hikmah”. Terlihat pula nilai ekspor migas Indonesia dari tahun ke tahun masih berfluktuasi menurut data bps.go.id. Dari situasi di atas penulis ingin menganalisis data ekspor migas di masa lalu (1975 hingga 2022) untuk memprediksi realisasi ekspor migas di masa depan. Peramalan yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode *Fuzzy time series Cheng*. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Untuk mengetahui hasil implementasi metode *Fuzzy time series Cheng* pada peramalan data nilai ekspor migas Indonesia
2. Mengetahui ukuran akurasi peramalan dengan metode *Fuzzy time series Cheng* pada data nilai ekspor migas Indonesia

B. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian yang digunakan adalah metode *Fuzzy Time Series Cheng*. *Fuzzy time series Cheng* memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan *chen* yaitu memperdulikan pengulangan, adanya pembobotan yang semakin kecil, menggunakan nilai adaftif permalan. Berikut adalah tahapan-tahapan peramalan pada data time series dengan menggunakan FTS Cheng :

Langkah 1. Menentukan himpunan semesta (U)

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \quad (1)$$

Langkah 2. Menentukan partisi dari himpunan semesta U

1. Menentukan jumlah interval kelas

$$K = 1 + 3,322 \times \log(n) \quad (2)$$

2. Menentukan panjang interval kelas

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

Setelah hasil di dapatkan, kemudian membagi semesta menjadi beberapa bagian dari jumlah interval dan panjang interval yang diperoleh.

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1; D_{min} - D_1 + I] \\ u_2 &= [D_{min} - D_1 + I; D_{min} - D_1 + 2I] \\ &\vdots \end{aligned} \quad (4)$$

$$u_k = [D_{min} - D_1 + (n - 1) I; D_{min} - D_1 + kI]$$

3. Mencari nilai tengah

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} ; i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (5)$$

Langkah 3. Menentukan himpunan fuzzy dari hasil himpunan semesta U

Himpunan fuzzy $A_i (i = 1, 2, 3, 4, \dots, k)$ ditentukan dalam jumlah interval yang telah ditentukan, dimana $A_1, A_2, \dots, A_k$ didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_k} \right\} \\ A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_k} \right\} \\ &\vdots \\ A_k &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \dots + \frac{0,5}{u_{k-1}} + \frac{1}{u_k} \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

Langkah 4. Fuzzifikasi yaitu mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik, dengan mengelompokkan data dalam himpunan fuzzy A yang telah dibuat pada langkah sebelumnya.

Langkah 5. Buat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Jika terdapat dua konsekutif $A_i(t - 1)$ dan $A_j(t)$ maka, dituliskan hubungan logika fuzzy, $A_i(t - 1) \rightarrow A_j(t)$.

Langkah 6. Buat *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) berdasarkan Sisi Kiri dari FLR. Misal jika FLR $A_1 \rightarrow A_4$, $A_1 \rightarrow A_3$, $A_1 \rightarrow A_2$ maka FLRG nya $A_1 \rightarrow A_4, A_3, A_2$

Langkah 7. Membuat matriks pembobotan dari FLRG

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{p2} & w_{p2} & \dots & w_{pp} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Langkah 8. Membuat matriks pembobotan yang dinormalisasi dengan rumus

$$W_{ij}^* = \frac{W_{ij}}{\sum_{j=1}^p W_{ij}} ; i, j = 1, 2, 3, \dots, p \quad (8)$$

Langkah 9. Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan

$$F_{A_i} = W_{i1}^* * m_1 + W_{i2}^* * m_2 + \dots + W_{ip}^* * m_p \quad (9)$$

Jika hasil fuzzifikasi periode ke- i adalah A_i dan A_i tidak memiliki FLR pada FLRG

dengan kondisi $\rightarrow \emptyset$ (NA), A_i dimana nilai maksimum keanggotaanya ada pada u_i maka nilai peramalan (F_{A_i}) adalah nilai tengah dari u_i , atau didefinisikan dengan m_i

Langkah 10. Peramalan adaptif yang bertujuan untuk menghasilkan peramalan pada data yang akan datang

$$\text{Peramalan adaptif} = X_{t-1} + W_{ij,t-1}^* (F_{A_{i,t-1}} - X_{t-1}) \quad (10)$$

Langkah selanjutnya adalah memilih model terbaik dengan menggunakan kriteria perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan tujuan melihat tingkat kesalahan pada metode yang digunakan dengan tingkat kesalahan $< 10\%$ maka dikatakan sangat baik, jika $10\% - 20\%$ maka dikatakan baik, jika $20\% - 50\%$ maka dikatakan cukup, dan jika $> 50\%$ maka dikatakan tidak akurat.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|F_{A_{i,t}} - X_t|}{X_t} * 100}{n} \quad (11)$$

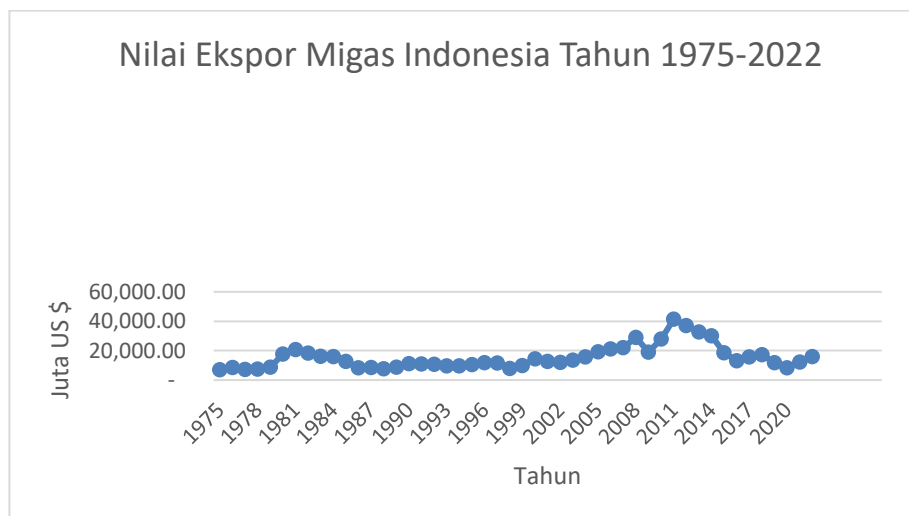
C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data jumlah nilai ekspor migas Indonesia dari tahun 1975 sampai 2022 yang diambil dari website <https://bps.go.id>, ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 1. Data Nilai Ekspor Migas

Tahun	Nilai Ekspor Migas (Juta US \$)
1975	7102.50
1976	8546.50
1977	7297.80
1978	7438.50
⋮	⋮
2019	11789.30
2020	8251.10
2021	12247.40
2022	16019.70

Langkah pertama melihat pola data nilai ekspor migas Indonesia (Juta US\$), plot dibuat menggunakan tahun 1975-2022. Gambar 4.1 merupakan representasi dari plot.



Gambar 1. Plot Nilai Ekspor Migas Indonesia Tahun 1975-2022

Langkah selanjutnya perhitungan *Metode Fuzzy Time Series Cheng* pada data nilai ekspor migas Indonesia, dijelaskan sebagai berikut :

Menentukan himpunan semesta (U)

Berdasarkan tabel 3.1 data nilai ekspor migas didapat untuk data terkecil (D_{min}) pada tahun 1975 sebesar 7,102.5 (juta US \$) dan data terbesar (D_{max}) pada tahun 2011 sebesar 41,477 (juta US \$). Kemudian penentuan D_1 dan D_2 yang merupakan bilangan positif yang sesuai. Nilai yang digunakan yaitu $D_1 = 0,5$ dan $D_2 = 0$. Kemudian hitung nilai U pada persamaan (1):

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2]$$

$$U = [7,102.50 - 0.5; 41,477 + 0]$$

$$U = [7,102 ; 41,477]$$

Menentukan partisi dari himpunan semesta U

Untuk mengelompokkan setiap data sesuai dengan kelasnya dengan cara membagi semesta U menjadi beberapa sub interval. Menentukan partisi himpunan semesta U dilakukan dengan langkah sebagai berikut sesuai pada persamaan (2) sd persamaan (5) :

1. Menentukan jumlah interval kelas

$$K = 1 + 3.322 \times \log(n)$$

$$K = 1 + 3.322 \times \log(48)$$

$$K = 6.59 \approx 7$$

2. Menentukan panjang interval kelas

$$I = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K}$$

$$I = \frac{[(41,477 + 0) - (7,102.50 - 0.5)]}{7}$$

$$I = 4,910.71$$

3. Membagi semesta menjadi beberapa bagian dari jumlah interval dan panjang interval yang diperoleh.

$$u_1 = [D_{min} - D_1 ; D_{min} - D_1 + I] = [7,102 ; 12,012.71]$$

$$u_2 = [D_{min} - D_1 + I; D_{min} - D_1 + 2I] = [12,012.71 ; 16,923.43]$$

$$u_3 = [D_{min} - D_1 + 2I; D_{min} - D_1 + 3I] = [16,923.43 ; 21,834.14]$$

$$u_4 = [D_{min} - D_1 + 3I; D_{min} - D_1 + 4I] = [21,834.14 ; 26,744.86]$$

$$u_5 = [D_{min} - D_1 + 4I; D_{min} - D_1 + 5I] = [26,744.86 ; 31,655.57]$$

$$u_6 = [D_{min} - D_1 + 5I; D_{min} - D_1 + 6I] = [31,655.57 ; 36,566.29]$$

$$u_7 = [D_{min} - D_1 + 6I; D_{min} - D_1 + 7I] = [36,566.29 ; 41,477.00]$$

4. Mencari nilai tengah

$$m_1 = \frac{(\text{batas atas} + \text{batas bawah})}{2} = \frac{(7,102 + 12,012.71)}{2} = 9,557.36$$

$$m_2 = \frac{(12,012.71 + 16,923.43)}{2} = 14,468.07$$

$$m_3 = \frac{(16,923.43 + 21,834.14)}{2} = 19,378.79$$

$$m_4 = \frac{(21,834.14 + 26,744.86)}{2} = 24,289.50$$

$$m_5 = \frac{(26,744.86 + 31,655.57)}{2} = 29,200.21$$

$$m_6 = \frac{(31,655.57 + 36,566.29)}{2} = 34,110.93$$

$$m_7 = \frac{(36,566.29 + 41,477.00)}{2} = 39,021.64$$

Menentukan himpunan fuzzy dari hasil himpunan semesta U

Tahap ini mengubah himpunan semesta yang telah terbagi dan masih berupa himpunan *crisp* (tegas) menjadi himpunan *fuzzy* berdasarkan interval. Tiap tiap himpunan *fuzzy* sebanyak 7 dengan panjang interval 4,910.71. untuk menyederhanakan, maka nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* A_i dimana ($i=1,2,...,7$) berada diantara 0; 0.5; 1 berikut adalah bentuk dari himpunan *fuzzy* A_i :

$$\begin{aligned} A_1 &= 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_2 &= 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_3 &= 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7 \\ A_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0.5/u_7 \\ A_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_6 + 1/u_7 \end{aligned}$$

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu mengubah variable numerik menjadi variable linguistik, perhatikan untuk data tahun 1975 yaitu 7,102.5 (juta US\$) nilai tersebut ada di rentang $u_1 = [7,102 ; 12,012.71]$, u_1 tersebut adalah bilangan *crisp* sehingga fuzzifikasinya adalah A_1 .

Tabel 2. Fuzzifikasi

Tahun	Nilai Ekspor Migas (Juta US \$)	Fuzzifikasi
1975	7102.5	A1
1976	8546.5	A1
1977	7297.8	A1
1978	7438.5	A1
⋮	⋮	⋮
2019	11789.3	A1
2020	8251.1	A1
2021	12247.4	A2
2022	16019.7	A2

Membuat Fuzzy Logical Relationship (FLR)

FLR merupakan tahapan untuk melihat relasi tiap perpindahan periode. Perhatikan fuzzifikasi pada periode ke t maka FLR periode ke t adalah fuzzifikasi periode $(t - 1) \rightarrow$ fuzzifikasi periode (t) atau $A_i \rightarrow A_j$, fuzzifikasi periode $(t - 1)$ disebut sisi kiri sedangkan fuzzifikasi periode (t) disebut sisi kanan. Pada tahun 1975 memiliki fuzzifikasi A_1 dan tahun 2021 memiliki fuzzifikasi A_2 maka FLR 2021 adalah $A_1 \rightarrow A_2$. Berikut merupakan hasil FLR untuk variabel realisasi investasi nilai ekspor migas (juta US\$) di Indonesia.

Tabel 3. FLR

Tahun	Fuzzifikasi	FLR kiri	FLR kanan
1975	A1	NA	A1
1976	A1	A1	A1
1977	A1	A1	A1
1978	A1	A1	A1
.	.	.	.
2019	A1	A3	A1
2020	A1	A1	A1
2021	A2	A1	A2
2022	A2	A2	A2

Buat Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Tahap ini mengelompokan FLR ke dalam beberapa kelompok yang memiliki relasi. Perhatikan semua relasi $A_1 \rightarrow A_i$ lainnya pada tabel 3. Sebanyak delapan belas buah relasi $A_1 \rightarrow A_1$, sebanyak dua buah relasi $A_1 \rightarrow A_2$, sebanyak satu buah relasi $A_1 \rightarrow A_3$, sehingga A_1 memiliki relasi $18A_1, 2A_2, A_3$. Berikut merupakan hasil pengelompokan atau FLRG yang didapatkan berdasarkan hasil FLR untuk variabel nilai ekspor migas (juta US\$) di Indonesia.

Tabel 4. FLRG

Fuzzifikasi	FLRG
A1	18A1, 2A2, A3
A2	A1, 8A2, 2A3
A3	A1, 2A2, 3A3, A4, A5
A4	A5
A5	2A3, A7
A6	A5
A7	A6, A7

Membuat matriks pembobotan dari FLRG

Tahap ini mengubah hasil dari FLRG menjadi matriks pembobotan. Pada contoh FLRG fuzzifikasi A_1 dijelaskan. Sebanyak delapan belas buah relasi $A_1 \rightarrow A_1$ yang artinya nilai pembobotan $w_{11} = 18$, sebanyak dua buah relasi $A_1 \rightarrow A_2$ yang artinya nilai pembobotan $w_{12} = 2$, sebanyak satu buah relasi $A_1 \rightarrow A_3$ yang artinya nilai pembobotan $w_{13} = 1$, dan begitu seterusnya sehingga hasil pembobotan untuk seluruh grup tampak pada tabel 5.

Tabel 5. Matriks Pembobotan

W								jumlah
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
A1	18	2	1					21
A2	1	8	2					11
A3	1	2	3	1	1			8
A4					1			1
A5			2				1	3
A6					1			1
A7						1	1	2

Membuat matriks pembobotan yang dinormalisasi dengan rumus

Tahap ini menormalisasikan matriks pembobotan yang sudah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya yang ada ditabel 5.

Pada contoh FLRG fuzzifikasi A_1 dijelaskan $w_{11} = 18$, $w_{12} = 2$, $w_{13} = 1$, dan Jumlah fuzzifikasi A_1 adalah 21, sehingga masing-masing dari w_1 , w_2 , w_3 dibagi dengan jumlah fuzzifikasi dari A_1 . Bagian matriks pembobotan yang dinormalisasi dari fuzzifikasi A_1

$$W_{11}^* = \frac{18}{21} = 0.8571; W_{12}^* = \frac{2}{21} = 0.0952; W_{13}^* = \frac{1}{21} = 0.0476$$

Begitu seterusnya sehingga hasil pembobotan untuk seluruh grup tampak pada tabel 6.

Tabel 6. Matriks pembobotan yang dinormalisasi

W*							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0.8571	0.0952	0.0476	-	-	-	-
A2	0.0909	0.7273	0.1818	-	-	-	-
A3	0.1250	0.2500	0.3750	0.1250	0.1250	-	-
A4	-	-	-	-	1.0000	-	-
A5	-	-	0.6667	-	-	-	0.3333
A6	-	-	-	-	1.0000	-	-
A7	-	-	-	-	-	0.50	0.5000

Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan

Perhatikan contoh pada tahun 1976, data yang dilihat dari yang sebelumnya 1975 dimana FLR kirinya yaitu A_1 dengan relasi $A_1 \rightarrow A_1$, dan hasil matriks pembobotan yang dinormalisasi FLRG dari A_1 adalah 0.8571; 0.0952; 0.0476 dan m_i dari masing-masing nilai tengah A_i , maka nilai peramalan tahun 1976 melalui persamaan (2.10) adalah sebagai berikut:

$$F_{A_i} = W_{i1}^* * m_1 + W_{i2}^* * m_2 + \dots + W_{ip}^* * m_p$$

$$F_{A_1} = 0.8571 * 9,557.3571 + 0.0952 * 14,468.0714 + 0.0476 * 19,378.7857$$

$$F_{A_1} = 10,492.7313$$

Begitu seterusnya sehingga hasil defuzzifikasi untuk seluruh tahun tampak pada tabel 7.

Tabel 7. Defuzzifikasi

Tahun	Nilai Ekspor Migas (Juta US \$)	FLR kiri	F_{A_i}
1975	7102.5	NA	
1976	8546.5	A1	10492.7313
1977	7297.8	A1	10492.7313
1978	7438.5	A1	10492.7313
⋮	⋮	⋮	⋮
2019	11789.3	A3	18764.9464
2020	8251.1	A1	10492.7313
2021	12247.4	A1	10492.7313
2022	16019.7	A2	14914.5000

Menentukan peramalan adaptif

Peramalan adaptif bertujuan untuk melihat nilai ekspor indonesia di periode selanjutnya menggunakan perhitungan sesuai pada persamaan (2.11).

$$\text{Peramalan adaptif } (t = 49) = X_{t-1} + W_{ij_{t-1}}^* (F_{A_{i_{t-1}}} - X_{t-1})$$

$$\text{Peramalan adaptif (t = 49)} = X_{48} + W_{22}^* (F_{A_2} - X_{48})$$

$$\text{Peramalan adaptif (t = 49)} = 16019.7 + 0.7273 (14,914.5 - 16019.7)$$

$$\text{Peramalan adaptif (t = 49)} = 15,215.9182$$

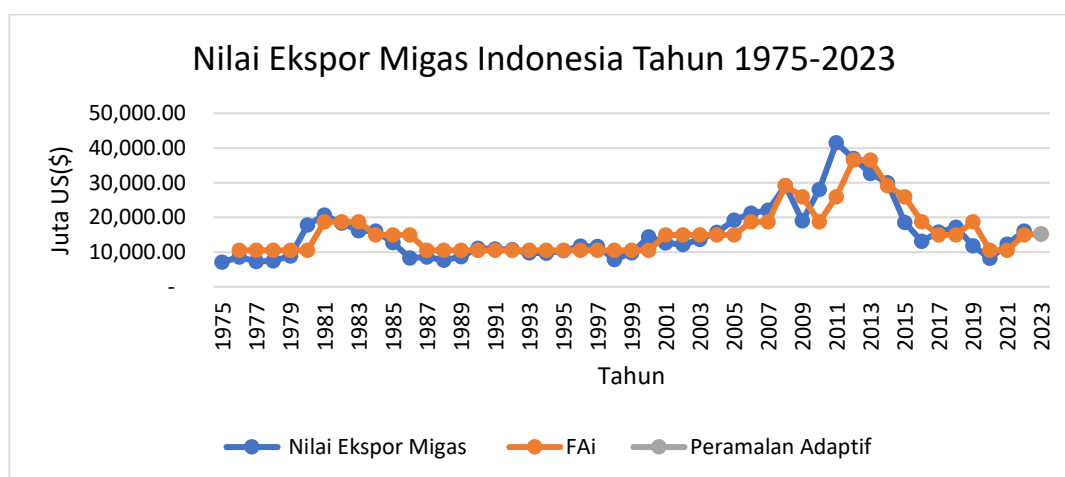
Periode yang akan diramalkan yaitu periode ke-49 (2023). Diketahui bahwa tahun 2022 memiliki nilai ekspor migas 16019.7 serta pembobotan yang dinormalisasinya berada di $A_2 \rightarrow A_2 = 0.7273$ karena nilai FLRnya $A_2 \rightarrow A_2$, serta nilai fuzzifikasinya F_{A_2} (2022) adalah 14,914.5, sehingga diperoleh hasil peramalan adaptifnya adalah 15,215.9182(juta US\$).

Mengukur Ketepatan Hasil Prediksi Menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Tabel 8. MAPE

Tahun	Nilai Ekspor Migas (Juta US \$)	F_{A_t}	APE
1975	7102.5		
1976	8546.5	10492.7313	22.7723
1977	7297.8	10492.7313	43.7794
1978	7438.5	10492.7313	41.0598
1979	8870.9	10492.7313	18.2826
⋮	⋮	⋮	⋮
2019	11789.3	18764.9464	59.1693
2020	8251.1	10492.7313	27.1677
2021	12247.4	10492.7313	14.3269
2022	16019.7	14914.5000	6.8990
Jumlah			929.0391
MAPE			19.7668

Hasil pada tabel 8 menunjukkan metode *Fuzzy time series* cheng memperoleh nilai MAPE 19.7668%. Dilihat dari tabel 2.3, metode tersebut termasuk kedalam kategori baik karena berada pada nilai kesalahan 10% - 20%.



Gambar 2 Plot Peramalan Nilai Ekspor Migas Indonesia tahun 1975-2023

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Hasil dari implementasi menggunakan metode *Fuzzy time series* cheng menghasilkan

peramalan nilai ekspor migas Indonesia pada tahun 2023 sebesar 15,215.9182 (juta US\$). Dilihat dari tahun 2022 nilai ekspor migas sebesar 16,019.7 (juta US\$), atau nilai ekspor migas akan mengalami penurunan sebesar 803.7818 (juta US\$).

2. Nilai MAPE dari hasil peramalan nilai ekspor migas di Indonesia dengan menggunakan metode *Fuzzy time series* cheng sebesar 19.7668% yang dapat dikatakan metode *Fuzzy time series* cheng baik digunakan untuk meramalkan nilai ekspor migas Indonesia.

Acknowledge

Terima kasih kepada Bapak Dr. Suwanda, DRS., M.S. dan dosen wali selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengetahuan dan semua pihak khususnya statistika 2019 yang telah memberikan semangat kepada penulis demi terselesaikannya skripsi ini dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Bell, W., Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (1989). Time Series: Theory and Methods. In *Journal of the American Statistical Association* (Vol. 84, Issue 405). <https://doi.org/10.2307/2289896>
- [2] Bidin, J., Sharif, N., Syed Abas, S. F., Ku Akil, K. A., & Abdullah, N. A. (2022). Cheng *Fuzzy time series* Model to Forecast the Price of Crude Oil in Malaysia. *Journal of Computing Research and Innovation*, 7(2), 196–210. <https://doi.org/10.24191/jcrinn.v7i2.304>
- [3] Budiarto, A. (2009). *Buku Pintar Migas Indonesia*. Doddy Samperuru.
- [4] Chen, S. (1996). Fuzzy forecasting with DNA computing. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4287 LNCS (81), 311–319. https://doi.org/10.1007/11925903_25
- [5] Cheng, C. H., Chen, T. L., Teoh, H. J., & Chiang, C. H. (2008). Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1126–1132. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.12.021>
- [6] Cox, E. (1994). *Fuzzy Systems Handbook*. AP Professional.
- [7] Franck, D. (1995). Introduction to fuzzy logic. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 1(January 2013), 50–56. <https://doi.org/10.2298/fuee0502319m>
- [8] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice*. Australia: Monash University.
- [9] Lintang Afdianti Nurkhasanah, Suparti, S. (2015). Perbandingan Metode Runtun Waktu Fuzzy-Chen Dan Fuzzymarkov Chain Untuk Meramalkan Data Inflasi Di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, 4(4), 917–926. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/article/view/10227>
- [10] Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Wiley Series in Probability and Statistics*. Jhon Wiley & Sons, Inc.
- [11] Perdana, Taufik. (2010). *Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi ekspor The PTPN*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- [12] Qiang, S., & Brad S., C. (1993). Fuzzy time series and Its Models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54, 269–277.
- [13] Rahmawati, Cynthia, E. P., & Susilowati, K. (2019). Metode Fuzzy time series Cheng dalam Memprediksi Jumlah Wisatawan di Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Education Informatic Technology and Science*, 1(1), 11–23. <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JeITS/article/view/1222>
- [14] Agnesya Risnandar, & Anneke Iswani Achmad. (2023). Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive untuk Meramalkan Indeks Harga Konsumen. *Jurnal Riset Statistika*, 43–50. <https://doi.org/10.29313/jrs.v3i1.1792>