

## PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES HEURISTIC* DAN *CHENG* PADA PERAMALAN NILAI EKSPOR NONMIGAS DI INDONESIA

Indah Sulistiya<sup>1</sup>, Tiani Wahyu Utami<sup>2\*</sup>, M. Al Haris<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi Pertanian, Universitas Muhammadiyah Semarang

\*e-mail: [tianiutami@unimus.ac.id](mailto:tianiutami@unimus.ac.id)

DOI: 10.14710/j.gauss.14.1.62-73

### Article Info:

Received: 2024-08-30

Accepted: 2025-03-04

Available Online: 2025-04-15

### Keywords:

*Fuzzy time series; Heuristic; Cheng; Non-oil and gas export value, MAPE*

**Abstract:** *Non-oil and gas exports contribute greatly to foreign exchange earnings and economic growth in Indonesia. However, with the unstable growth rate, forecasting is needed for policy making to encourage economic growth. Data on the value of non-oil and gas exports in Indonesia contains nonlinear patterns, so the forecasting method used is the Fuzzy Time Series (FTS). This research uses the FTS Heuristic and Cheng model method which is a development of the FTS algorithm. The Heuristic model has a difference in the addition of Heuristic knowledge which is assumed to influence the selection of a more appropriate fuzzy set during the defuzzification process, whereas in the Cheng model there is a weighting for each group of fuzzy relations that is the same. The data used is data on the value of non-oil and gas exports in Indonesia in the period January 2013 to April 2024. Based on the research results, it was found that the best model obtained was the FTS Heuristic model with forecasting results in May 2024 using the FTS Heuristic increasing model of 21,495 US\$ and FTS Heuristic decreasing is 17458 US\$ with a MAPE value of 6.0398%.*

## 1. PENDAHULUAN

Ekspor nonmigas merupakan salah satu komoditas yang memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian negara dan menjadi sektor penyumbang devisa terbesar di Indonesia, sehingga pergerakannya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan perekonomian. Laju pertumbuhan nilai ekspor nonmigas yang tidak stabil dapat memberikan dampak terhadap keberlangsungan pertumbuhan perekonomian negara serta kegiatan perekonomian masyarakat Indonesia (Fitriyah, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukannya peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia yang dapat digunakan untuk membantu pemerintah dalam perencanaan pengambilan kebijakan yang tepat. Peramalan adalah suatu proses memproyeksikan hal yang mungkin terjadi di waktu mendatang dengan melihat berbagai kemungkinan serta fakta berdasarkan peristiwa di masa lalu (Aprianto, 2020). Analisis *time series* digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik atau pola data deret waktu dengan maksud untuk menentukan metode peramalan yang sesuai (Selasakmida et al., 2021). Menurut penelitian Purwoko dkk. (2023) pola data yang terdapat pada nilai ekspor nonmigas di Indonesia adalah nonlinier. *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan salah satu teknik peramalan yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy* (Rahmawan et al., 2019). FTS cocok untuk memprediksi data *time series* dengan pola stasioner atau *seasonal* tanpa *trend* serta data *time series* dengan pola nonlinier (Ayudya & Saputro, 2017). Keunggulan metode ini adalah tidak membutuhkan data terdahulu dengan jumlah banyak dan tidak membutuhkan uji asumsi yang harus dipenuhi (Azmiyati & Tanjung, 2016). *Fuzzy time series* dikembangkan oleh Huarng (2001) dengan menggabungkan model *Chen* dan *Heuristic knowledge* yang berasumsi melalui penambahan *Heuristic knowledge* mengenai kenaikan atau penurunan data selanjutnya dapat mempengaruhi dalam pemilihan himpunan *fuzzy* yang paling sesuai dalam pembentukan relasi kelompok *fuzzy Heuristic* yang akurat dalam proses

peramalannya. Cheng dkk, (2008) mengembangkan kembali *fuzzy time series* model *Chen* pada tahun 2008 dengan perbedaan terletak pada penambahan proses pembobotan di setiap kelompok relasi *fuzzy*, berdasarkan hasil penelitian model *Cheng* memiliki tingkat keakuratan yang lebih unggul daripada model *Chen* (Agustina, 2020).

Penelitian oleh Yustitia (2019) yang membandingkan *fuzzy time series* *Chen* dan *Cheng* yang diperoleh hasil bahwa *fuzzy time series* *Cheng* mempunyai nilai keakuratan yang lebih bagus dengan nilai MAPE 7%. Penelitian selanjutnya oleh Nisa (2021) yang membandingkan model FTS *Chen* dan *Heuristic* diperoleh kesimpulan bahwa metode terbaik untuk meramalkan IHSG yaitu *fuzzy time series* model *Heuristic*. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti bermaksud untuk membandingkan model-model terbaik dari metode *fuzzy time series* yaitu model *Heuristic* dan *Cheng*. Perbedaan yang mendasar dari kedua model tersebut adalah FTS model *Heuristic* menggabungkan *Heuristic knowledge*, sedangkan model FTS model *Cheng* dengan pemberian pembobot pada kelompok relasi *fuzzy*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil akurasi kedua model yaitu *fuzzy time series* *Heuristic* dan *Cheng*, sehingga diperoleh model terbaik yang digunakan untuk peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Fuzzy time series* (FTS) ialah salah satu teknik peramalan data runtun waktu dengan berdasarkan pada aturan-aturan *fuzzy*. Tahun 1993, peramalan pendaftaran mahasiswa baru di Universitas Alabama menjadi awal dikenalkannya *fuzzy time series* oleh Q. Song dan B. S. Chissom. Teknik peramalan ini bekerja melalui evaluasi pola data terdahulu untuk diproyeksikan pada data di masa mendatang. Himpunan fuzzy diinterpretasikan sebagai kategori bilangan yang memiliki batasan yang kurang jelas (samar). Bilangan yang digunakan pada teknik ini yaitu himpunan fuzzy diperoleh dari bilangan *real* atas himpunan semesta yang dibentuk sebelumnya. Himpunan *fuzzy* diterapkan sebagai pengganti data terdahulu yang akan diprediksi (Yustitia, 2019).

Huarng (2001) mengembangkan *fuzzy time series* yang dibentuk oleh *Chen* dengan menggabungkan *Heuristic knowledge* yang bermaksud untuk meningkatkan akurasi hasil peramalan. *Fuzzy time series* pada model *Heuristic* diterapkan melalui langkah-langkah: (Nisa, 2021):

**[Langkah 1]** Mendefinisikan semesta pembicaraan (*universe of discourse*)

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

dengan  $D_{min}$  merupakan data minimal,  $D_{max}$  merupakan data maksimal, serta  $D_1$  dan  $D_2$  bilangan positif yang ditetapkan oleh peneliti.

**[Langkah 2]** Semesta pembicaraan  $U$  dibagi ke dalam sejumlah kelas melalui rentang interval yang bernilai sama dengan tahapan seperti berikut:

- a. Menentukan jumlah interval melalui rumus Struges  $K=1+3,322 \text{ Log}(n)$ . Dimana  $n$  yaitu total data yang diteliti.
- b. Menentukan lebar interval.

$$i = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K} \quad (2)$$

- c. Menghitung nilai  $m_i$  (*midpoint*)

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (3)$$

**[Langkah 3]** Membentuk himpunan *fuzzy*  $A_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, \dots, k$ ) yang berasal dari himpunan semesta  $U$ . Dimana  $A_1, A_2, \dots, A_k$  didefinisikan dalam jumlah interval yang sudah ditentukan, yaitu sebagai berikut:

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_k} \right\}$$

$$\vdots$$

$$A_k = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \dots + \frac{0.5}{u_{k-1}} + \frac{1}{u_k} \right\} \quad (4)$$

**[Langkah 4]** Mendefinisikan fuzzifikasi data *time series* dengan menggabungkan data pada himpunan *fuzzy*  $A_i$  yang sudah dibentuk di langkah sebelumnya.

**[Langkah 5]** Mendefinisikan FLR (*Fuzzy Logic Relationships*) dan FLRG (*Fuzzy Logic Relationships Group*) dilakukan dengan mengaitkan data historis berdasarkan hasil fuzzifikasi. Apabila variabel *time series*  $F_{(t-1)}$  di fuzzifikasi menjadi  $A_{(i)}$  dan  $F_{(t)}$  di fuzzifikasi menjadi  $A_{(k)}$ , maka dapat dinyatakan sebagai  $A_i \rightarrow A_k$ , di mana  $A_i$  mencerminkan data terdahulu (*current state*) dan  $A_k$  mencerminkan data terdahulu berikutnya (*next state*). Jika terbentuk FLR  $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_4$ , maka diperoleh FLRG  $A_1 \rightarrow A_2, A_3, A_4$ .

**[Langkah 6]** Menentukan FLRG *Heuristic* dengan menambahkan *Heuristic knowledge* ( $h$ ). Misalkan sebuah FLRG diperoleh  $A_i \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots$ . Maka himpunan  $A_{k1}, A_{k2}, \dots$  yang tepat dapat dipilih dengan menggunakan fungsi *Heuristic* ( $h$ ) sebagai berikut (Pramono, 2023):

$$h(x; A_i) = A_{k1}, A_{k2}, \dots \quad (5)$$

dimana  $x$  merupakan variabel *Heuristic* ( $\uparrow, \downarrow$ ) dan  $A_{k1}, A_{k2}, \dots$  merupakan hasil yang diperoleh dari fungsi *Heuristic*  $A_i$ . Maka FLRG *Heuristic* yang dibentuk dapat dilihat sebagai berikut.

Pada FLRG *Heuristic increasing* dapat dituliskan sebagai  $h(\uparrow; A_i) = A_{k1}, A_{k2}, \dots$  dimana  $k_1, k_2, \dots \geq i$  sehingga FLRG *Heuristic increasing* dinotasikan sebagai  $A_i \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots$

Sedangkan pada FLRG *Heuristic decreasing* dapat dituliskan sebagai  $h(\downarrow; A_i) = A_{k1}, A_{k2}, \dots$  dimana  $k_1, k_2, \dots \leq i$  sehingga FLRG *Heuristic increasing* dinotasikan sebagai  $A_i \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots$

**[Langkah 7]** Defuzzifikasi hasil peramalan. Jika FLRG *Heuristic* pada  $F(t-1) = A_i$ , maka *forecasting* pada  $F(t)$  dapat memakai beberapa peraturan sebagai berikut :

Peraturan 1: Apabila tidak terdapat FLRG *Heuristic*  $A_i$  ( $A_i \rightarrow \emptyset$ ), dengan demikian defuzzifikasi  $F(t)$  diambil *midpoint* interval yang mempunyai nilai keanggotaan terbesar pada  $A_i$ .

Peraturan 2: Apabila terdapat satu FLRG *Heuristic*  $A_i$  ( $A_i \rightarrow A_{k1}$ ), dengan demikian defuzzifikasi  $F(t)$  diambil dari *midpoint* yang mempunyai nilai keanggotaan terbesar pada  $A_{k1}$ .

Peraturan 3 : Apabila terdapat lebih dari satu FLRG *Heuristic*  $A_i$  ( $A_i \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{kk}$ ), dengan demikian defuzzifikasi  $F(t)$  diambil dari *mean* pada *midpoint* interval

yang mempunyai nilai keanggotaan terbesar pada masing-masing  $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{kk}$ .

Cheng dkk (2008) menyempurnakan model *Chen* dengan pemberian pembobot pada kelompok relasi *fuzzy* (Agustina, 2020). *Fuzzy time series* model *Cheng* diterapkan melalui langkah-langkah yang sama seperti pada model *Heuristic* yaitu pada langkah pembentukan semesta pembicaraan sampai pembentukan FLRG. Adapun untuk proses pembobotan setelah terbentuk FLRG dilakukan melalui langkah-langkah berikut (Yustitia, 2019) (Agustina, 2020):

**[Langkah 1]** Mendefinisikan semesta pembicaraan (*universe of discourse*)

**[Langkah 2]** Semesta pembicaraan  $U$  dibagi ke dalam sejumlah kelas dengan rentang interval yang sama.

**[Langkah 3]** Membentuk himpunan *fuzzy*  $A_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, \dots, k$ ) yang berasal dari himpunan semesta  $U$ .

**[Langkah 4]** Mendefinisikan fuzzifikasi data *time series*.

**[Langkah 5]** Mendefinisikan FLR dan FLRG

**[Langkah 6]** Untuk menentukan pembobot pada kelompok FLR yang sama, maka dilakukan penggabungan semua FLR dengan *current state* ( $A_i$ ) yang sama ke dalam satu *group*. Langkah ini melibatkan pembentukan matriks pembobotan dengan mengalihkan bobot dari FLRG ke dalam matriks pembobot yang sebelumnya sudah ditentukan dengan persamaan di bawah ini:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1k} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2k} \\ \vdots & \vdots & W_{cd} & \vdots \\ W_{k1} & W_{k2} & \dots & W_{kk} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Keterangan :

$W$  = matriks pembobot

$W_{ij}$  = bobot matriks baris ke- $c$  dan kolom ke- $d$  ( $c = 1, 2, \dots, k$ ;  $d = 1, 2, \dots, k$ ). Kemudian dilakukan pentransferan bobot FLRG menjadi matriks pembobot yang telah distandarisasi ( $W^*$ ) dengan persamaan di bawah ini::

$$W^* = \begin{bmatrix} W_{11}^* & W_{12}^* & \dots & W_{1k}^* \\ W_{21}^* & W_{22}^* & \dots & W_{2k}^* \\ \vdots & \vdots & W_{cd}^* & \vdots \\ W_{k1}^* & W_{k2}^* & \dots & W_{kk}^* \end{bmatrix} \quad (7)$$

Dimana  $W^*$  merupakan matriks pembobot yang terstandarisasi melalui persamaan di bawah ini:

$$W_{cd}^* = \frac{W_{cd}}{\sum_{cd=1}^k W_{cd}} \quad (8)$$

**[Langkah 7]** Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan persamaan di bawah ini :

$$F_i = W_{c1} * (m_1) + W_{c2} * (m_2) + \dots + W_{ck} * (m_k) \quad (9)$$

Dimana  $F_i$  merupakan hasil peramalan untuk periode ke- $i$ , jika fuzzifikasi pada periode ke- $i$  tidak memiliki relasi *fuzzy* dalam FLRG ( $A_i \rightarrow \emptyset$ ) maka nilai prediksi ( $F_i$ ) diperoleh dari *midpoint*  $U_i$  yaitu  $m_i$ .

Analisis runtun waktu bertujuan untuk memprediksi nilai pada waktu mendatang, sehingga untuk menghasilkan nilai ramalan terbaik diperlukan tingkat kesalahan yang rendah. Salah satu cara untuk menilai tingkat keakuratan model peramalan adalah nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang merupakan tingkat ketepatan relatif untuk mengukur persentase deviasi antara hasil peramalan dan data *real*. Semakin rendah tingkat

kesalahan yang diperoleh maka nilai ramalan yang diperoleh akan semakin mendekati nilai aktual. Nilai MAPE dapat dihitung melalui rumus di bawah ini (Handayani, 2022).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\% \quad (10)$$

Dengan  $Y_t$  adalah data *real* di waktu ke- $t$ ,  $\hat{Y}_t$  adalah data hasil peramalan di waktu ke- $t$ , dan  $n$  = Jumlah data. Adapun Nilai MAPE terbagi ke dalam beberapa kriteria seperti berikut (Handayani, 2022):

MAPE <10% maka kemampuan peramalan sangat bagus

10% < MAPE < 20% maka kemampuan peramalan bagus

20% < MAPE < 50% maka kemampuan peramalan cukup

MAPE >50% maka kemampuan peramalan tidak layak

Dengan ketepatan hasil peramalannya dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut:

$$Ketepatan \text{ peramalan} = 100\% - MAPE$$

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data bulanan nilai ekspor nonmigas Indonesia yang diperoleh dari *website* BPS Indonesia dengan periode Januari 2013 sampai April 2024. Penelitian ini menggunakan metode FTS pada model *Heuristic* dan *Cheng* melalui tahapan berikut:

- a) Menghimpun data nilai ekspor nonmigas dari bulan Januari 2013 hingga bulan April 2024. Data tersebut diperoleh dari *website* BPS Indonesia, berikut link sumber data tersebut: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTc1MyMy/nilai-ekspor-migas-nonmigas.html>.
- b) Menganalisis statistik deskriptif guna menggambarkan data secara keseluruhan.
- c) Memodelkan peramalan melalui pendekatan metode FTS pada model *Heuristic* dengan langkah seperti di bawah ini:
  - 1) Membentuk himpunan semesta pembicaraan  $U$  (*Universe of Discourse*) kemudian dibagi dalam sejumlah interval  $u_i$  dengan rentang yang sama.
  - 2) Mendefinisikan himpunan *fuzzy*  $A_i$  dari data *time series* yang diteliti.
  - 3) Mendefinisikan fuzzifikasi.
  - 4) Menyusun FLR dan FLRG
  - 5) Menyertakan *heuristic knowledge* ( $h$ ) yaitu mengenai kenaikan dan penurunan data *real* untuk periode berikutnya kemudian membuat FLRG *heuristic* (FLRG *heuristic increasing* dan *decreasing*).
  - 6) Melakukan peramalan.
  - 7) Melakukan komversi data *fuzzy* ke bentuk non-*fuzzy* (defuzzifikasi).
  - 8) Melakukan perhitungan nilai MAPE.
- d) Memodelkan peramalan dengan pendekatan metode FTS pada model *Cheng* dengan langkah seperti di bawah ini:
  1. Membentuk himpunan semesta pembicaraan  $U$  (*Universe of Discourse*) kemudian dibagi dalam sejumlah interval  $u_i$  dengan rentang yang sama.
  2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy*  $A_i$  dari data *time series* yang diteliti.
  3. Mendefinisikan fuzzifikasi.
  4. Menyusun FLR dan FLRG
  5. Menetapkan matriks pembobotan yang diperoleh dari penggabungan semua FLR dengan *current state* ( $A_i$ ) yang sama ke dalam satu *group* kemudian membentuk matriks pembobotan dinormalisasi.
  6. Melakukan peramalan.

7. Defuzzifikasi data *fuzzy*.
  8. Melakukan perhitungan nilai MAPE.
- e) Melakukan perbandingan nilai MAPE pada FTS model *Heuristic* dan *Cheng*.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis deskriptif menunjukkan rata-rata nilai ekspor nonmigas Indonesia periode Januari 2013 hingga April 2024 sebesar 14715,35 juta US\$ dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 4106 juta US\$. Nilai ekspor nonmigas terendah terjadi di bulan Juli 2016 yakni pada angka 8650,9 US\$ sedangkan nilai ekspor nonmigas tertinggi terjadi di bulan Agustus 2022 yakni pada nilai 26265,8 US\$. Adapun pergerakan nilai ekspor nonmigas di Indonesia periode Januari 2013 hingga April 2024 yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Scatterplot* Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia Januari 2013 - April 2024

Adapun peramalan menggunakan metode FTS pada model *Heuristic* mengikuti tahapan sebagai berikut:

- a) Pembentukan Semesta Pembicaraan (*Universal of Discourse*)

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

$$U = [8650,9 - 0,9 ; 26265,8 + 0,2]$$

$$U = [8650 ; 26266]$$

$D_1$  dan  $D_2$  yaitu bilangan positif untuk membulatkan himpunan semesta pembicaraan yang ditetapkan oleh peneliti,  $D_1=0,9$  dan  $D_2=0,2$ .

- b) Pembagian Jumlah Kelas dan Interval Kelas

$$K = 1 + 3,322 \text{ Log}(136) = 8,0876 \approx 8$$

Setelah diperoleh jumlah kelas selanjutnya ditentukan lebar interval kelas melalui nilai  $i$  yaitu:  $i = \frac{[(D_{max}+D_2) - (D_{min}-D_1)]}{K} = \frac{[26266 - 8650]}{8} = 2202$

Dari perhitungan di atas, kemudian himpunan semesta  $U$  akan dibagi ke dalam 8 kelas dengan interval kelas 2202 yang ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Semesta Pembicaraan  $U_i$

ke-	Batas bawah	Batas atas	<i>Midpoint</i> ( $m_i$ )
$U_1$	8650	10852	9751
$U_2$	10852	13054	11953
$U_3$	13054	15256	14155
$U_4$	15256	17458	16357
$U_5$	17458	19660	18559
$U_6$	19660	21862	20761
$U_7$	21862	24064	22963
$U_8$	24064	26266	25165

- c) Membentuk Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy*  $A_i$  ( $i = 1,2,3,4,\dots,k$ ) dengan jumlah kelas sebanyak 8 dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} \right\} \\
A_2 &= \left\{ \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} \right\} \\
A_3 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} \right\} \\
A_4 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} \right\} \\
A_5 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} \right\} \\
A_6 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} + \frac{0}{u_8} \right\} \\
A_7 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0.5}{u_6} + \frac{1}{u_7} + \frac{0.5}{u_8} \right\} \\
A_8 &= \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0.5}{u_7} + \frac{1}{u_8} \right\}
\end{aligned}$$

d) Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi merupakan proses mengkonversi data aktual yang bernilai numerik ke dalam variabel *linguistic* sesuai pada himpunan *fuzzy* yang sudah ditentukan sebelumnya. Sebagai contoh data bulan Januari 2013 ( $t=1$ ) sebesar 12721,8 akan masuk ke  $U_2$  karena nilainya berada pada interval  $[10852 - 13054]$ . Setelah mengidentifikasi bahwa data tersebut termasuk ke dalam interval  $U_2$  selanjutnya data tersebut akan difuzzifikasi menjadi  $A_2$ . Hasil fuzzifikasi data nilai ekspor nonmigas Indonesia dengan periode waktu dari bulan Januari 2013 hingga April 2024 ditunjukkan pada Tabel 2.

e) Membentuk FLR dan FLRG

*Fuzzy Logic Relationship* (FLR) adalah relasi yang diperoleh melalui proses fuzzifikasi yang terdiri dari dua himpunan *fuzzy* dan saling berurutan (data ke- $t$  dengan data ke- $t+1$ ). FLR dinotasikan sebagai  $A_i \rightarrow A_j$ , dengan  $A_i$  yaitu *current state* dan  $A_j$  yaitu *next state*. Hasil pembentukan FLR disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

No	Waktu	Nilai	Fuzzifikasi	FLR
1	Januari 2013	12721,8	$A_2$	-
2	Februari 2013	12448,1	$A_2$	$A_2 \rightarrow A_2$
3	Maret 2013	12096,3	$A_2$	$A_2 \rightarrow A_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
134	Februari 2024	18056,7	$A_5$	$A_5 \rightarrow A_5$
135	Maret 2024	21253,6	$A_6$	$A_5 \rightarrow A_6$
136	April 2024	18265,2	$A_5$	$A_6 \rightarrow A_5$

*Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) adalah gabungan atau *group* yang dibentuk dengan mengelompokkan FLR dengan *left hand side* yang sama ke dalam satu *group*. Hasil pembentukan FLRG dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Fuzzy Logic Relationship Group*

Current State	Next State	FLRG
$A_1$	$(7)A_1, (7)A_2$	$A_1 \rightarrow (7)A_1, (7)A_2$
$A_2$	$(7)A_1, (32)A_2, (12)A_3$	$A_2 \rightarrow (7)A_1, (32)A_2, (12)A_3$
$A_3$	$(11)A_2, (19)A_3, (2)A_4$	$A_3 \rightarrow (11)A_2, (19)A_3, (2)A_4$
$A_4$	$(1)A_3, (1)A_4, (2)A_5$	$A_4 \rightarrow (1)A_3, (1)A_4, (2)A_5$

A <sub>5</sub>	(1)A <sub>4</sub> , (3)A <sub>5</sub> , (5)A <sub>6</sub> , (1)A <sub>8</sub>	A <sub>5</sub> → (1)A <sub>4</sub> , (2)A <sub>5</sub> , (4)A <sub>6</sub> , (1)A <sub>8</sub>
A <sub>6</sub>	(5)A <sub>5</sub> , (7)A <sub>6</sub> , (1)A <sub>7</sub> , (1)A <sub>8</sub>	A <sub>6</sub> → (5)A <sub>5</sub> , (7)A <sub>6</sub> , (1)A <sub>7</sub> , (1)A <sub>8</sub>
A <sub>7</sub>	(1)A <sub>5</sub> , (1)A <sub>6</sub> , (3)A <sub>7</sub>	A <sub>7</sub> → (1)A <sub>5</sub> , (1)A <sub>6</sub> , (3)A <sub>7</sub>
A <sub>8</sub>	(1)A <sub>6</sub> , (1)A <sub>7</sub> , (3)A <sub>8</sub>	A <sub>8</sub> → (1)A <sub>6</sub> , (1)A <sub>7</sub> , (3)A <sub>8</sub>

f) Pembentukan FLRG *Heuristic*

FLRG yang diperoleh dari langkah sebelumnya akan dibagi menjadi dua *group* yaitu FLRG *Heuristic increasing* (↑) yang ditujukan bagi data *real* yang meningkat pada periode berikutnya dan FLRG *Heuristic decreasing* (↓) yang ditujukan bagi data *real* yang menurun pada periode berikutnya. Hasil pembentukan FLRG *Heuristic* ditunjukkan pada Tabel 3.

g) Defuzzifikasi Model *Heuristic*

Langkah terakhir dalam sistem logika *fuzzy* adalah proses defuzzifikasi, yaitu menentukan nilai peramalan pada *left hand side* di setiap grup FLRG *Heuristic* baik pada *Heuristic increasing* maupun *decreasing*. Jika FLRG *Heuristic* pada  $F(t - 1) = A_i$ , maka *forecasting* pada  $F(t)$  dapat memakai beberapa peraturan yang telah dijelaskan sebelumnya. Adapun hasil defuzzifikasi pada *fuzzy time series* model *Heuristic* ditampillkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Defuzzifikasi FTS Model *Heuristic*

FLRG	Incr /decr	FLRG <i>Heuristic</i>	Defuzzifikasi
A <sub>1</sub> → A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	↑	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	$(m_1 + m_2)/2 = 10852$
	↓	A <sub>1</sub>	$m_1 = 9751$
A <sub>2</sub> → A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>	↑	A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>	$(m_2 + m_3)/2 = 13054$
	↓	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	$(m_1 + m_2)/2 = 10852$
A <sub>3</sub> → A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub>	↑	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub>	$(m_3 + m_4)/2 = 15256$
	↓	A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>	$(m_2 + m_3)/2 = 13054$
A <sub>4</sub> → A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub>	↑	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub>	$(m_4 + m_5)/2 = 17458$
	↓	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub>	$(m_3 + m_4)/2 = 15256$
A <sub>5</sub> → A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>8</sub>	↑	A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>8</sub>	$(m_5 + m_6 + m_8)/3 = 21495$
	↓	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub>	$(m_4 + m_5)/2 = 17458$
A <sub>6</sub> → A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub>	↑	A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub>	$(m_6 + m_7 + m_8)/3 = 22963$
	↓	A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub>	$(m_5 + m_6)/2 = 19660$
A <sub>7</sub> → A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub>	↑	A <sub>7</sub>	$m_7 = 22963$
	↓	A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub>	$(m_5 + m_6 + m_7)/3 = 20761$
A <sub>8</sub> → A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub>	↑	A <sub>8</sub>	$m_8 = 25165$
	↓	A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub>	$(m_6 + m_7 + m_8)/3 = 22963$

Berdasarkan tabel defuzzifikasi diatas, diperoleh hasil peramalan FTS pada model *Heuristic* dari nilai ekspor nonmigas di Indonesia yang dsajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Peramalan FTS Model *Heuristic*

No	Waktu	Nilai	Fuzzifikasi	Peramalan
1	Januari 2013	12721,8	A <sub>2</sub>	-
2	Februari 2013	12448,1	A <sub>2</sub>	↓ 10852
3	Maret 2013	12096,3	A <sub>2</sub>	↓ 10852
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	Maret 2024	21253,6	A <sub>6</sub>	↑ 21495
136	April 2024	18265,2	A <sub>5</sub>	↓ 19660
<b>137</b>	<b>Mei 2024</b>	-	-	↑ <b>21495</b> ↓ <b>17458</b>

Peramalan pada data periode berikutnya yaitu bulan Mei 2024 mengikuti hasil defuzzifikasi pada bulan April 2024 dimana fuzzifikasinya adalah  $A_5$ , sehingga dengan melihat hasil defuzzifikasi pada tabel 4.8 diperoleh nilai defuzzifikasi untuk  $A_5$  *increasing* (maksimal) yaitu 21495 US\$ dan untuk  $A_5$  *decreasing* (minimal) yaitu sebesar 17458 US\$. Maka dapat diartikan bahwa peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia pada bulan Mei 2024 berkisar antara 17458 US\$ sampai 21495 US\$

h) Menghitung nilai MAPE

$$MAPE = \frac{1}{135} \sum_{t=1}^{135} \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\%$$

$$MAPE = 6,0398\%$$

Perhitungan nilai MAPE di atas diperoleh hasil sebesar 6,0398% dengan melihat kriteria nilai MAPE sesuai pada Tabel 2.1 sehingga disimpulkan bahwa hasil peramalan dengan metode FTS pada model *Heuristic* sangat bagus dikarenakan nilai MAPE <10%. Dari nilai MAPE tersebut kemudian dapat dihitung ketepatan hasil peramalannya yaitu sebesar 93,9602%. Peramalan dengan metode *fuzzy time series* pada model *Cheng* memiliki tahapan yang hampir serupa dengan model *Heuristic*. Langkah pembobotan ini merupakan langkah yang membedakan antara model *Heuristic* dan *Cheng*. Pada *fuzzy time series* model *Cheng* setelah diperoleh FLRG seperti pada Tabel 3, tahapan berikutnya adalah menghitung nilai pembobotan pada setiap grup dengan mengamati banyaknya relasi yang sama pada pembentukan FLRG. Adapun hasil pembobotan FLRG dapat dilihat pada matriks berikut.

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
A <sub>1</sub>	7	7	0	0	0	0	0	0
A <sub>2</sub>	7	32	12	0	0	0	0	0
A <sub>3</sub>	0	11	19	2	0	0	0	0
A <sub>4</sub>	0	0	1	1	2	0	0	0
A <sub>5</sub>	0	0	0	1	3	5	0	1
A <sub>6</sub>	0	0	0	0	5	7	1	1
A <sub>7</sub>	0	0	0	0	1	1	3	0
A <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	1	1	3

Setelah diperoleh matriks pembobot, selanjutnya menghitung matriks pembobot terstandarisasi yang dihasilkan dari perhitungan untuk semua pembobot dibagi dengan jumlah pembobot pada *current state* yang sama. Contohnya yaitu pada FLRG  $A_1 \rightarrow A_1$  maka pembobot terstandarisasi yaitu  $7/14$  atau 0,500. Contoh selanjutnya yaitu pada FLRG  $A_2 \rightarrow A_1$  maka pembobot terstandarisasi yaitu  $7/51$  atau 0,137 begitu juga untuk pembobot lainnya seperti yang disajikan pada matriks berikut.

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
A <sub>1</sub>	0,500	0,500	0	0	0	0	0	0
A <sub>2</sub>	0,137	0,627	0,235	0	0	0	0	0
A <sub>3</sub>	0	0,344	0,594	0,063	0	0	0	0
A <sub>4</sub>	0	0	0,250	0,250	0,500	0	0	0
A <sub>5</sub>	0	0	0	0,100	0,300	0,500	0	0,100
A <sub>6</sub>	0	0	0	0	0,357	0,500	0,071	0,071
A <sub>7</sub>	0	0	0	0	0,200	0,200	0,600	0
A <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0,200	0,200	0,600

Perhitungan peramalan pada *fuzzy time series Cheng* diperoleh dari nilai matriks pembobot terstandarisasi dan nilai *midpoint* ( $m_i$ ) pada Tabel 1 dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
F_1 &= W_{11} * (m_1) + W_{12} * (m_2) \\
&= (0,500)(9751) + (0,500)(11953) = 10852 \\
F_2 &= W_{21} * (m_1) + W_{22} * (m_2) + W_{23} * (m_3) \\
&= (0,137)(9751) + (0,627)(11953) + (0,235)(14155) \\
&= 12168,88 \\
&\vdots \\
F_8 &= W_{86} * (m_6) + W_{87} * (m_7) + W_{88} * (m_8) \\
&= (0,200)(20761) + (0,200)(22963) + (0,600)(25165) \\
&= 23843,80
\end{aligned}$$

Dari nilai defuzzifikasi di atas, maka dapat diperoleh peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia seperti pada Tabel 6.

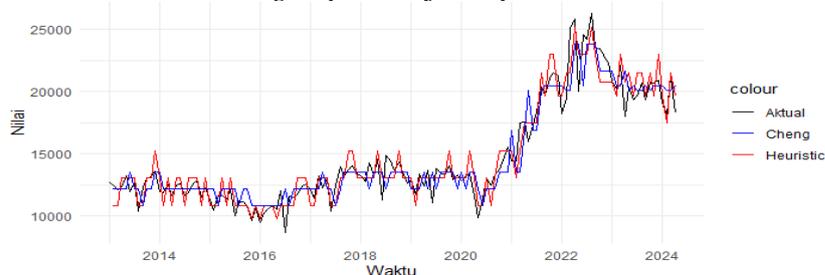
Tabel 6. Peramalan FTS Model *Cheng*

No	Waktu	Nilai	Fuzzifikasi	Peramalan
1	Januari 2013	12721,8	A <sub>2</sub>	-
2	Februari 2013	12448,1	A <sub>2</sub>	12168,88
3	Maret 2013	12096,3	A <sub>2</sub>	12168,88
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
135	Maret 2024	21253,6	A <sub>6</sub>	20100,40
136	April 2024	18265,2	A <sub>5</sub>	20446,43
<b>137</b>	<b>Mei 2024</b>	-	-	<b>20446,43</b>

Peramalan pada periode selanjutnya yaitu Mei 2024 adalah mengikuti nilai defuzzifikasi pada data periode sebelumnya, dimana pada bulan April 2024 mengikuti nilai defuzzifikasi A<sub>5</sub> sehingga diperoleh peramalan pada bulan Mei 2024 yaitu sebesar 20.446,43 US\$ yang menunjukkan adanya kenaikan nilai ekspor nonmigas sebesar 2.181,23 US\$ dari bulan April 2024. Menghitung nilai MAPE sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
MAPE &= \frac{1}{135} \sum_{t=1}^{135} \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\% \\
MAPE &= 7,3906\%
\end{aligned}$$

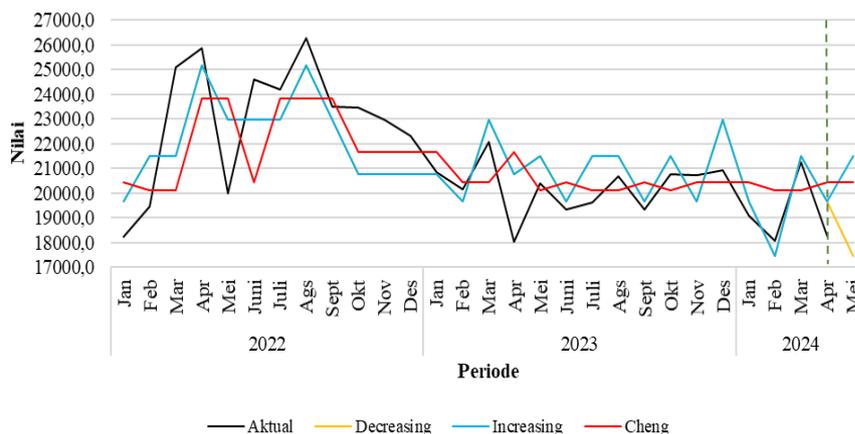
Perhitungan nilai MAPE di atas diperoleh hasil sebesar 7,3906% dengan melihat kriteria nilai MAPE sehingga disimpulkan bahwa peramalan dengan metode FTS *Cheng* menghasilkan model yang sangat bagus dikarenakan nilai MAPE <10%. Dari nilai MAPE tersebut sehingga dapat dihitung ketepatan hasil peramalannya yaitu sebesar 92,6094%. Perbandingan hasil peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia menggunakan metode *fuzzy time series Heuristic* dan *Cheng* dapat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Peramalan FTS *Heuristic* dan *Cheng*

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan jika plot hasil peramalan FTS model *Heuristic* lebih menyerupai aslinya jika dibandingkan dengan plot hasil peramalan FTS model *Cheng*.

Hasil peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia dengan FTS model *Heuristic* dengan memperhatikan *Heuristic increasing* dan *decreasing* bahwa peramalan nilai ekspor nonmigas di Indonesia pada bulan Mei 2024 berkisar antara 17458 US\$ sampai 21495 US\$. Sedangkan FTS model Cheng dipeoleh peramalan pada bulan Mei 2024 yaitu sebesar 20.446,43 US\$ yang menunjukkan adanya kenaikan nilai ekspor nonmigas sebesar 2.181,23 US\$ dari bulan April 2024. Adapun untuk plot perbandingan hasil peramalan periode kedepannya yaitu pada bulan Mei 2024 dengan menggunakan metode FTS *Heuristic* (*Increasing* dan *Decreasing*) dan *Cheng* dapat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot Perbandingan Peramalan FTS *Heuristic* dan *Cheng*

Selain melihat perbandingan kedua model melalui plot di atas, juga dapat dilihat melalui nilai MAPE (*Mean Average Percentage Error*) yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan peramalan (*error*) yang berasumsi bahwa nilai MAPE yang lebih rendah akan menunjukkan hasil peramalan yang semakin baik. Nilai MAPE pada Model FST *Heuristic* sebesar 6,0398% artinya ketepatan peramalan model tersebut 93,960%, sedangkan nilai MAPE pada model *Cheng* menghasilkan sebesar 7,3906% artinya ketepatan peramalan model tersebut sebesar 92,6094%. Meskipun perbandingan tingkat kesalahan peramalan antara kedua model sangat kecil dan kedua model tersebut memiliki nilai MAPE yang masih termasuk dalam kriteria sangat bagus untuk melakukan peramalan. Namun dengan melihat asumsi yang telah dijelaskan dapat disimpulkan bahwa FTS model *Heuristic* lebih baik dibandingkan dengan FTS model *Cheng* untuk meramalkan nilai ekspor nonmigas Indonesia.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa hasil peramalan nilai ekspor nonmigas Indonesia pada bulan Mei 2024 dengan metode FTS pada model *Heuristic decreasing* sebesar 17458 US\$ dan pada model *Heuristic increasing* sebesar 21495 US\$ dengan nilai MAPE pada model *Heuristic* sebesar 6,0398% dan ketepatan hasil peramalan sebesar 93,960%. Sedangkan peramalan nilai ekspor nonmigas Indonesia pada bulan Mei 2024 dengan metode *fuzzy time series* model *Chen* diperoleh sebesar 20446,43 US\$ dengan nilai MAPE 7,3906% dan ketepatan hasil peramalan sebesar 92,6094%. Berdasarkan asumsi bahwa model dengan nilai MAPE terkecil merupakan model terbaik, maka dari uraian tersebut dapat dikatakan bahwa metode *fuzzy time series* pada model *Heuristic* menjadi model yang terbaik dalam melakukan peramalan nilai ekspor nonmigas Indonesia.

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya adalah mengembangkan penelitian dengan membandingkan model terbaik yang didapatkan pada penelitian ini yaitu *fuzzy time series* model *heuristic* dengan model-model *fuzzy time*

*series* yang lainnya untuk mendapatkan ketepatan peramalan yang lebih baik, penelitian ini menggunakan Rumus *Struges* untuk menentukan jumlah kelas dan lebar intervalnya, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dibedakan dengan menggunakan interval berbasis rata-rata atau dengan membandingkan kedua metode tersebut untuk menentukan jumlah kelas dan lebar interval yang paling optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D. 2020. Perbandingan Model Cheng Dan Ruey Chyn Tsaor Pada Metode Fuzzy Time Series Untuk Memprediksi Nilai Tukar Petani Di Provinsi Jawa Tengah. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Aprianto, K. 2020. Peramalan Time Series Menggunakan Gaussian Kernel PCA dan Autoregressive. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 11(2), 49–54.
- Ayudya, D. F., dan Saputro, D. R. S. 2017. Model Hibrida Arima dan Fuzzy Time Series Markov Chain. *Seminar Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*, 17–22.
- Azmiyati, S., & Tanjung, Wi. N. 2016. Peramalan Jumlah Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit dengan Metode Fuzzy TIME Series Chen dan Algoritma Ruey Chyn Tsur (Studi Kasus pada PT. XYZ). *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*, 10(1), 36–48.
- Cheng, C. H., Chen, T. L., Teoh, H. J., dan Chiang, C. H. 2008. Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1126–1132.
- Firdaus, M. R., dan Suwanda. 2023. Pemodelan Metode Fuzzy Time Series Stevenson-Porter pada Nilai Peramalan Ekspor Non-Migas di Indonesia. *Bandung Conference Series: Statistics*, 3(2), 828–836.
- Fitriyah, A. 2023. Peramalan Nilai Ekspor Nonmigas Indonesia Menggunakan Metode Support Vector Regression dengan Kernel Radial Basis Function. *Skripsi*. Universitas Andalas. <http://scholar.unand.ac.id/125345/>
- Huang, K. 2001. Heuristic models of fuzzy time series for forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 123(3), 369–386.
- Nisa, R. K. 2021. Metode Fuzzy Time Series Model Chen dan Heuristic pada Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Pramono, F. D. 2023. Peramalan Harga Penutupan Saham Bank Rakyat Indonesia (BBRI) Menggunakan Fuzzy Time Series Heuristik. Universitas Diponegoro. Semarang
- Purwoko, C. F. F., Sediono, S., Saifudin, T., dan Mardianto, M. F. F. 2023. Prediksi Harga Ekspor Non Migas di Indonesia Berdasarkan Metode Estimator Deret Fourier dan Support Vector Regression. *Inferensi*, 6(1), 45–55.
- Rahmawan, S. A., Safitri, D., dan Widiharah, T. 2019. Peramalan Menggunakan Metode Weighted Fuzzy Integrated Time Series (Studi Kasus: Harga Beras di Indonesia Bulan Januari 2011 s/d Desember 2017). *Jurnal Gaussian*, 8(4), 518–529.
- Selasakmida, A. D., Tarno, T., dan Wuryandari, T. 2021. Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing Holt Dan Fuzzy Time Series Chen Untuk Peramalan Harga Paladium. *Jurnal Gaussian*, 10(3), 325–336.
- Suci Handayani. 2022. Metode Fuzzy Time Series Automatic Clustering Fuzzy Logic Relationship (ACFLR) pada Peramalan Harga Emas Dunia. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Yustitia, D. 2019. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Chen dan Fuzzy Time Series Cheng pada Permintaan Pupul Pertanian Urea di Kabupaten Blora. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.