

Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan *Heuristic* pada Peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG)

Oleh: Rizqi Khoirun Nisa¹ Indah Manfaati Nur² Fatkhurokhman Fauzi³

^{1,2,3}Univeristas Muhammadiyah Semarang

email: khoinisa82@gmail.com

Article history	Abstract
Submission :	Investment and economic growth are interrelated so that the movement of the Composite Stock Price Index (IDX Composite) can be used as a benchmark to see the economic condition of a country. When a country's economic conditions decline, the IDX Composite will also experience a decline and result in investors leaving the capital market. Therefore, forecasting is necessary to assist investors in determining options to sell, hold, or buy a stock. In this research, IDX Composite forecasting will be carried out using the Chen and Heuristic Fuzzy Time Series method. The data used are IDX Composite data from January 2011 to December 2020. The accuracy of forecasting will be evaluated with MAE (Mean Absolute Error) and MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Forecasting results IDX Composite for January 2021 using the Chen model is Rp. 5,973, while with the Heuristic model the maximum (increasing) is Rp. 6,165 and the minimum (decreasing) is Rp. 5,885. The results of forecasting from the two models show that the Heuristic model is the best model based on the smallest MAE and MAPE values, namely 77.791 and 1.54%.
Revised :	
Accepted :	
Keyword: Chen, Fuzzy Time Series, Heuristic, IHSG, Ketepatan Peramalan	

PENDAHULUAN

Investasi merupakan suatu kegiatan penempatan dana pada satu atau lebih dari satu jenis aset selama periode tertentu dengan harapan dapat memperoleh penghasilan dan atau peningkatan nilai investasi dimasa yang akan datang (Harianto dan Sudomo, 1998). Investasi memiliki pengaruh penting terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Hal ini dikarenakan investasi termasuk komponen dari pendapatan nasional atau yang lebih dikenal dengan Produk Domestik Bruto (PDB). Secara umum dapat dikatakan bahwa investasi berkorelasi positif dengan PDB.

Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh Kustodian Sentral Efek Indonesia (KSEI) pada Press Release Akhir Tahun 2019 jumlah investor per 27 Desember 2019 telah mencapai 2.478.243. Jumlah ini meningkat signifikan

atau tumbuh sekitar 53,04% dibandingkan pada periode 2018 dan dapat diartikan bahwa masyarakat Indonesia sudah mulai banyak yang menyadari akan pentingnya investasi, baik bagi diri sendiri maupun negara.

Saham merupakan salah satu bentuk investasi yang banyak peminatnya karena mendapatkan *return* (imbal hasil) yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk investasi lainnya. Meskipun begitu saham juga merupakan bentuk investasi dengan *risk* (resiko) yang paling tinggi. Di pasar modal Indonesia kenaikan dan penurunan harga saham dapat diamati melalui Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). IHSG digunakan investor untuk mengetahui posisi harga saham yang sedang berlangsung dan juga dapat digunakan untuk memperkirakan harga saham mendatang. Perkiraan keadaan IHSG ke depan dapat dengan melakukan peramalan agar para

investor memiliki dasar dalam merencanakan dan mengambil keputusan untuk menjual, membeli, atau menahan saham sehingga dapat meningkatkan keuntungan atau meminimalkan kerugian.

Peramalan adalah proses memperkirakan besar atau jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau (historis) yang dianalisis secara ilmiah khususnya menggunakan metode statistika (Sudjana, 1989). Salah satu contoh metode peramalan adalah metode *fuzzy time series* (FTS). Sesuai dengan namanya, metode ini menggunakan *fuzzy logic* (logika *fuzzy*) sebagai dasarnya. FTS pertama kali diusulkan oleh Song dan Chissom pada 1993. Konsep peramalan pada metode FTS adalah dengan mengubah data *time series* tersebut kebentuk nilai atau data linguistik, sedangkan hasil peramalannya berupa angka-angka *real*.

FTS dikembangkan lagi oleh Shyi-Ming Chen pada tahun 1996 dengan menyederhanakan operasi aritmatika pada tahap pembentukan relasi *fuzzy* sehingga model ini memiliki perhitungan yang lebih mudah dan waktu yang dibutuhkan untuk menghitung lebih cepat. Selanjutnya pada tahun 2001 Kunhuang Huarng menggabungkan model Chen dengan *heuristic knowledge* sehingga model ini diberi nama *fuzzy time series model heuristic*. Model ini mengasumsikan bahwa dengan adanya *heuristic knowledge* mengenai peningkatan atau penurunan pada data periode berikutnya dapat membantu pemilihan himpunan *fuzzy* yang lebih tepat untuk membentuk relasi kelompok *fuzzy heuristic* yang tepat pada proses peramalannya.

Metode FTS model Chen telah digunakan pada beberapa penelitian sebelumnya, seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Elena dkk (2012) yang membandingkan metode SARIMA dengan empat model FTS dan hasilnya menunjukkan bahwa metode FTS model Chen memiliki akurasi yang paling baik dengan melihat nilai MAPE, MAD dan RMSE. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Putra (2013) dihasilkan rata-rata *error* sebesar 0,0025% dalam meramalkan jumlah penduduk di Kota Tanjungpinang menggunakan model Chen. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Sugumonrong dkk (2019) untuk meramalkan harga emas menggunakan model Chen dan menghasilkan selisih rata-rata hasil peramalan dengan data aktual tidak lebih dari Rp. 2.850.

Model Chen juga menghasilkan nilai MAPE yang kecil ketika digunakan untuk meramalkan nilai ekspor Indonesia pada penelitian Zamani (2020).

Menurut Jilani dan Burney (2008), pendekatan model *Heuristic* memperoleh hasil prediksi yang lebih akurat dibandingkan beberapa model FTS sebelumnya yaitu model klasik (Song dan Chissom) dan Chen. Terbukti pada penelitian yang dilakukan oleh Huarng (2001) menghasilkan nilai tingkat *error* yang rendah dengan melihat nilai MSE yakni sebesar 226.611. Selain dua model ini masih terdapat berbagai macam metode penelitian FTS lainnya dengan berbagai model seperti model Song dan Chissom, Cheng, Singh, Chen-Hsu dan sebagainya.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode FTS dapat diterapkan pada berbagai bidang dengan menggunakan berbagai model peramalan dan menghasilkan ketepatan akurasi yang baik untuk meramalkan meskipun data yang digunakan tidak memenuhi asumsi-asumsi tertentu seperti pada metode peramalan lainnya. Berdasarkan hal tersebut maka akan dilakukan penerapan model Chen dan Heuristic untuk meramalkan IHSG kemudian melihat akurasi peramalan dari kedua model tersebut.

LANDASAN TEORI

Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) adalah suatu proses pendugaan berdasarkan data terdahulu untuk mengetahui apa yang akan terjadi pada masa mendatang. Mengetahui keadaan pada masa mendatang tidak hanya bertujuan untuk melihat baik atau buruk tetapi juga untuk melakukan persiapan dan juga pengambilan keputusan. Keputusan yang baik harus berdasarkan pertimbangan apa yang akan terjadi pada masa mendatang, oleh karena itu peramalan merupakan masalah yang harus dihadapi karena berkaitan erat dengan pengambilan suatu keputusan.

Time Series

Time series atau yang biasa disebut deret waktu adalah data yang diambil dan disusun berdasarkan urutan waktu, dapat berupa hari, minggu, bulan, triwulan, caturwulan, tahun dan sebagainya. Secara umum pola data *time series* dibagi menjadi empat jenis yaitu *trend*, siklus, musiman dan acak (Hansun, 2012).

Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah logika dengan tak hingga banyak nilai kebenaran yang dinyatakan dalam bilangan *real* dalam selang $[0,1]$, atau dengan kata lain adalah logika yang menggunakan konsep sifat kesamaran (Susilo, 2006). Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof. Lotfi A. Zadeh. Beberapa alasan logika *fuzzy* digunakan adalah sebagai berikut (Kusumadewi *et al.*, 2006):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti karena konsep matematis yang mendasarinya sederhana dan tidak terlalu rumit.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan
4. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami

Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan himpunan yang digunakan untuk mengantisipasi kelemahan himpunan *crisp*. Pada himpunan *crisp* nilai keanggotaan suatu item hanya memiliki dua kemungkinan yaitu 1 artinya suatu item menjadi anggota himpunan atau 0 artinya suatu *item* tidak menjadi anggota himpunan. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1.

Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan atau *membership function* adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Zimmermann, 1991).

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. Jika sebuah data *time series* masuk ke dalam interval u_i , maka data tersebut difuzzifikasi ke dalam A_i .

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah output *fuzzy* yang diperoleh menjadi nilai tegas

menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzifikasi. Defuzzifikasi atau penegasan merupakan langkah terakhir dalam sistem logika *fuzzy*, dimana tujuannya adalah untuk mengkonversikan setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke dalam suatu bilangan *real*. Hasil dari konversi tersebut adalah aksi yang diambil oleh kendali logika *fuzzy*.

Fuzzy Time Series

Fuzzy time series (FTS) adalah metode peramalan data *time series* yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. FTS pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom (1993). Sistem peramalan metode FTS yaitu dengan cara menangkap pola data *time series* kemudian digunakan untuk meramalkan data yang akan datang. Data *time series* yang akan diramalkan diganti dengan himpunan *fuzzy* (Tauryawati dan Irawan, 2004). Jika *universe of discourse* (U) adalah himpunan semesta, $U = [u_1, u_2, \dots, u_p]$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i dari U dengan derajat keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut (Sumartini *et al.*, 2017):

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(\mu_1)}{\mu_1} + \dots + \frac{\mu_{A_p}(\mu_p)}{\mu_p} \quad (1)$$

Dimana $\mu_{A_i}(\mu_i)$ merupakan derajat keanggotaan dari μ_i ke A_i , dimana $\mu_{A_i}(\mu_i) \in [0,1]$ dan $1 < i \leq p$. Nilai derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(\mu_i)$ didefinisikan sebagai berikut (Boaisha dan Amaitik, 2010):

$$\mu_{A_i}(\mu_i) = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0.5 & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

Fuzzy Time Series Model Chen

Metode *fuzzy time series* yang dikembangkan oleh Song dan Chissom memiliki perhitungan yang rumit karena masih menggunakan operasi matriks yang kompleks, sehingga Shyi-Ming Chen (1996) mengusulkan model baru yang lebih sederhana. Algoritma untuk *fuzzy time series* model Chen mencakup langkah-langkah berikut (Chen, 1996):

1. Definiskan semesta pembicaraan U , yaitu:
 $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$ (3)
dimana D_{min} adalah data terkecil, D_{max} adalah data terbesar, D_1 dan D_2 adalah bilangan positif yang ditentukan oleh peneliti. Kemudian membagi semesta pembicaraan U menjadi beberapa kelas dengan panjang interval yang sama $u_1, u_2, u_3, \dots, u_m$.

2. Definisikan himpunan *fuzzy* A_i pada data *time series* yang diamati berdasarkan interval $u_1, u_2, u_3, \dots, u_m$. Misal A_1, A_2, \dots, A_k adalah himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, maka cara mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_k pada semesta pembicaraan U adalah:

$$A_1 = a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m$$

$$A_2 = a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m \quad (4)$$

$A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m$
 dimana $a_{ij} \in [0,1]$, $1 \leq i \leq k$ dan $1 \leq j \leq m$. Nilai a_{ij} menunjukkan derajat keanggotaan dari u_j dalam himpunan *fuzzy* A_i . Penentu derajat untuk masing-masing A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) yaitu jika keanggotaan maksimum dari suatu data di dalam A_k maka fuzzifikasinya dikatakan sebagai A_k . Fuzzifikasi data *time series*.

3. Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan data *time series* kemudian tetapkan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).
4. Defuzzifikasi hasil peramalan. Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) pada $F(t-1) = A_j$, maka peramalan $F(t)$ menggunakan aturan berikut:

Aturan 1

Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) A_j hanya ada satu ($A_j \rightarrow A_k$), maka defuzzifikasi $F(t)$ adalah nilai tengah dari interval dimana memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_k .

Aturan 2

Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) A_j lebih dari satu ($A_j \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{kp}$), maka defuzzifikasi $F(t)$ diperoleh dari rata-rata nilai tengah dari masing-masing interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada masing-masing $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{kp}$.

Aturan 3

Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) A_j kosong ($A_j \rightarrow$), maka defuzzifikasi $F(t)$ diperoleh dari nilai tengah interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_j .

Fuzzy Time Series Model Heuristic

Heuristic adalah ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan penemuan baru atau sebuah pemecahan masalah. *Heuristic* termasuk

salah satu komponen pada sistem pakar yang menggunakan informasi atau pengetahuan untuk memandu menyelesaikan masalah agar lebih efisien (Hartanto, 2013). Huarng (2001) menggabungkan *heuristic knowledge* pada model Shyi-Ming Chen untuk membantu pemilihan himpunan *fuzzy* yang tepat dengan tujuan meningkatkan ketepatan hasil peramalan yang kemudian diberi nama model *Heuristic*. Model Chen dipilih karena lebih mudah dihitung, lebih mudah digabungkan dengan *heuristic knowledge*, dan juga karena hasil peramalannya lebih baik daripada model sebelumnya. Model *Heuristic* menggunakan *fuzzy logical relationship group* (FLRG) dan variabel yang relevan sebagai parameter untuk memilih himpunan *fuzzy* yang tepat untuk yang akan dijadikan FLRG *heuristic*. Algoritma untuk *fuzzy time series* model *Heuristic* mencakup langkah-langkah berikut:

1. Definisikan semesta pembicaraan U , yaitu $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$ (5) dimana D_{min} adalah data terkecil, D_{max} adalah data terbesar, D_1 dan D_2 adalah bilangan positif yang ditentukan oleh peneliti. Kemudian membagi semesta pembicaraan U menjadi beberapa kelas dengan panjang interval yang sama $u_1, u_2, u_3, \dots, u_t$.
2. Definisikan himpunan *fuzzy* A_i pada data *time series* yang diamati. Setiap himpunan *fuzzy* A_i yang mempunyai nilai linguistik dapat didefinisikan berdasarkan interval $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$

$$A_i = f_{A_i}(u_1)/u_1 + \dots + f_{A_i}(u_t)/u_t \quad (6)$$
 dimana $f_{A_i}(u_k) \in [0,1]$, $1 \leq k \leq n$ menunjukkan derajat keanggotaan dari u_k dalam himpunan *fuzzy* A_i .
3. Fuzzifikasi data *time series*.
4. Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) dan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).
5. Menambahkan *heuristic knowledge* dan membentuk *fuzzy logical relationship group* (FLRG) *heuristic*.
6. Defuzzifikasi hasil peramalan. Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) *heuristic* pada $F(t-1) = A_j$, maka peramalan $F(t)$ menggunakan aturan berikut:

Aturan 1

Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) *heuristic* A_j kosong ($A_j \rightarrow$), maka defuzzifikasi $F(t)$ diperoleh dari nilai

tengah interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_j .

Aturan 2

Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) *heuristic* A_j hanya ada satu ($A_j \rightarrow A_{p1}$), maka nilai tengah dari interval dimana memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_{p1} .

Aturan 3

Jika *fuzzy logical relationship group* (FLRG) *heuristic* A_j lebih dari satu ($A_j \rightarrow A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{pk}$), maka defuzzifikasi $F(t)$ diperoleh dari rata-rata nilai tengah dari masing-masing interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada masing-masing $A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{pk}$.

Interval Berbasis Rata – Rata

Poin kunci pada metode ini yaitu dengan memperhatikan interval yang tidak terlalu besar atau kecil dan juga mencerminkan setengah dari fluktuasi dalam *time series* (Xihao dan Yimin, 2008), dengan algoritma sebagai berikut:

1. Menghitung semua nilai absolute selisih antara X_{t-1} dan X_t ($t = 1, 2, \dots, n-1$) sehingga diperoleh rata-rata nilai selisih absolut sebagai berikut:

$$mean = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |X_{t-1} - X_t| \quad (7)$$

keterangan:

$mean$ = rata-rata nilai selisih absolut

N = jumlah data yang digunakan

X_t = data pada periode waktu ke- t

2. Menentukan setengah dari rata-rata yang diperoleh dari langkah 1, kemudian dijadikan sebagai panjang interval (l) dengan persamaan:

$$l = \frac{mean}{2} \quad (8)$$

3. Menentukan basis dari panjang interval (l) sesuai tabulasi basis berdasarkan panjang interval yang diperoleh langkah 2.

Tabel 1 Basis Interval

Jangkauan	Basis
0.1 - 1.0	0.1
1.1 - 10	1
11 - 100	10
101 - 1000	100

4. Panjang interval (l) dibulatkan sesuai dengan tabel basis interval.
5. Menentukan jumlah kelas (p) dengan persamaan:

$$p = \frac{(D_{max} + D_2 - (D_{min} - D_1))}{l} \quad (9)$$

Pengukuran Ketepatan Hasil Peramalan

Peramalan tidak dapat terlepas dari kesalahan atau *error* meskipun menggunakan berbagai macam metode peramalan. Peramalan yang baik adalah peramalan yang hasilnya mendekati data aktual atau dengan kata lain *error* yang dihasilkan kecil. Ada beberapa ukuran yang dapat digunakan untuk menghitung ketepatan dalam peramalan diantaranya adalah sebagai berikut (Phalupy, 2013):

1. MAE (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n |X_t - F_t| \quad (10)$$

2. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n \left[\frac{X_t - F_t}{X_t} \right] \times 100\% \quad (11)$$

Keterangan:

N = jumlah data yang digunakan

X_t = data aktual atau data *time series* pada periode ke- t

F_t = data hasil peramalan pada periode ke- t

Pada MAPE terdapat *range* nilai yang dapat dijadikan bahan pengukuran mengenai kriteria hasil peramalan, *range* nilai tersebut dapat dilihat pada tabel berikut (Chang *et al.*, 2007):

Tabel 2 Kriteria MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
< 10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup
> 50%	Kurang

Untuk mengukur ketepatan hasil peramalan digunakan rumus berikut (Sumartini *et al.*, 2017):

$$Ketepatan = 100\% - MAPE \quad (12)$$

Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG)

Menurut Bursa Efek Indonesia (BEI), saham adalah tanda penyertaan modal seseorang atau badan usaha dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas. Saham dikenal dengan prinsip “*High Return High Risk*”, artinya berpotensi memberikan keuntungan dan resiko yang tinggi. Saham memungkinkan investor untuk mendapat keuntungan yang besar dalam waktu yang singkat, namun juga dapat membuat investor

mengalami kerugian besar karena adanya fluktuasi harga saham. Harga saham terbentuk karena adanya permintaan dan penawaran saham yang dilakukan oleh pelaku pasar (investor). Pergerakan harga saham di pasar modal Indonesia secara keseluruhan dapat diamati melalui Indeks Harga Saham Gabungan atau yang lebih dikenal dengan IHSG.

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Data yang digunakan adalah Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dalam bentuk bulanan periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2020. Data ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Investing.com (<https://investing.com>).

Variabel dan Struktur Data

Variabel (X) pada penelitian ini adalah data penutupan harga saham pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan jumlah data sebanyak 120 data.

Tabel 4 Struktur Data

No	Waktu	X
1	Jan 2011	X_1
2	Feb 2011	X_2
3	Mar 2011	X_3
4	Apr 2011	X_4
5	Mei 2011	X_5
\vdots	\vdots	\vdots
120	Des 2020	X_{120}

Langkah Penelitian

Langkah-langkah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

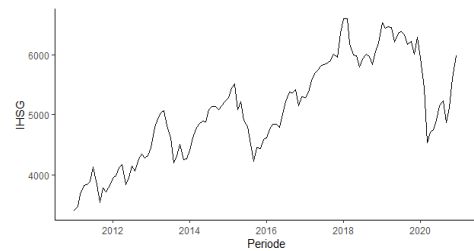
1. Menyiapkan data IHSG dari Januari 2011 sampai dengan Desember 2020.
2. Melakukan analisis deskriptif untuk melihat gambaran data secara umum.
3. Melakukan pemodelan menggunakan peramalan *fuzzy time series* model Chen dengan langkah sebagai berikut:
 - a. Menentukan semesta pembicaraan U (*Universe of Discourse*) kemudian membaginya menjadi beberapa interval u_i dengan panjang yang sama.
 - b. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i pada data *time series* yang diamati.
 - c. Fuzzifikasi data *time series*.
 - d. Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan data *time series* kemudian menetapkan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).

- e. Melakukan defuzzifikasi data *fuzzy*.
 - f. Menghitung nilai MAE dan MAPE.
4. Melakukan pemodelan menggunakan peramalan *fuzzy time series* model *Heuristic* dengan langkah sebagai berikut:
 - a. Menentukan semesta pembicaraan U (*Universe of Discourse*) kemudian membaginya menjadi beberapa interval u_i dengan panjang yang sama.
 - b. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i pada data *time series* yang diamati.
 - c. Fuzzifikasi data *time series*.
 - d. Membentuk FLR (*fuzzy logical relationship*) berdasarkan data *time series* kemudian menetapkan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).
 - e. Menambah *heuristic knowledge* dan membentuk FLRG (*fuzzy logical relationship group*) *heuristic*.
 - f. Melakukan defuzzifikasi data *fuzzy*.
 - g. Menghitung nilai MAE dan MAPE.
 5. Membandingkan nilai MAE dan MAPE dari kedua metode.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif perlu dilakukan untuk mengetahui gambaran data secara umum. Hasil analisis deskriptif menunjukkan rata-rata nilai IHSG selama sepuluh (10) tahun terakhir sebesar 5.074,24 dan memiliki nilai standar deviasi sebesar 834,37. Nilai IHSG paling rendah sebesar 3.409,17 pada Januari 2011 dan paling tinggi sebesar 6.605,63 pada Januari 2018.



Gambar 1 Plot IHSG Januari 2011 – Desember 2020

Fuzzy Time Series Model Chen

Adapun peramalan dengan metode *fuzzy time series* model Chen adalah:

1. Menentukan semesta pembicaraan U dan membagi menjadi beberapa kelas dengan panjang interval ditentukan menggunakan metode interval berbasis rata-rata.

Tabel 5 Selisih Data *Time Series*

Waktu	IHSG	Selisih Absolut $ X_t - X_{t+1} $
Jan 2011	3409.17	61.18
Feb 2011	3470.35	208.32
Mar 2011	3678.67	140.95
Apr 11	3819.62	17.35
Mei 2011	3836.97	51.60
⋮	⋮	⋮
Nov 2020	5612.42	366.65
Des 2020	5979.07	
Jumlah		18760.30
Rata-rata		157.65

Sesuai rumus (7) maka didapat panjang interval (l) adalah 78,82 dan basis yang sesuai adalah 10. Kemudian l dibulatkan sesuai basis dan didapatkan panjang interval efektifnya adalah 80.

Berdasarkan persamaan (3) dengan D_1 dan D_2 adalah nilai positif sembarang, maka diambil nilai $D_1 = 4,17$ dan $D_2 = 79,37$ agar mempermudah saat pembagian interval dan dengan nilai ini panjang interval yang terbentuk akan sesuai dengan hasil perhitungan panjang interval efektif yaitu 80. Nilai semesta pembicaraan diperoleh dalam interval $U = [3.405, 6.685]$.

Selanjutnya semesta pembicaraan U dibagi menjadi beberapa kelas dengan l yang sama yaitu 80 dan diperoleh jumlah kelasnya sebanyak 41.

Tabel 6 Semesta Pembicaraan u_i

Semesta Pembicaraan	Interval (Rp)
u_1	3405 - 3485
u_2	3485 - 3565
u_3	3565 - 3645
u_4	3645 - 3725
u_5	3725 - 3805
⋮	⋮
u_{41}	6605 - 6685

2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i

Berikut ini adalah himpunan *fuzzy* yang terdefinisi berdasarkan rumus (4):

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{41}$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_{41}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + \dots + 0/u_{41}$$

⋮

$$A_{41} = 0/u_1 + 0x/u_2 + \dots + 0,5/u_{40} + 1/u_{41}$$

Tabel 7 Matriks Himpunan *Fuzzy*

a_{ij}	1	2	3	4	5	⋮	41
1	1	0,5	0	0	0	⋮	0
2	0,5	1	0,5	0	0	⋮	0
3	0	0,5	1	0,5	0	⋮	0
4	0	0	0,5	1	0,5	⋮	0
5	0	0	0	0,5	1	⋮	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
41	0	0	0	0	0	⋮	1

3. Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi dilakukan dengan mengubah nilai numerik pada data aktual menjadi variabel linguistik sesuai dengan yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya.

Tabel 8 Fuzzifikasi

No	Waktu	IHSG (Rp)	Fuzzifikasi
1	Jan 2011	3409.17	A_1
2	Feb 2011	3470.35	A_1
3	Mar 2011	3678.67	A_4
4	Apr 2011	3819.62	A_6
5	Mei 2011	3836.97	A_6
⋮	⋮	⋮	⋮
120	Des 2020	5979.07	A_{33}

4. Membentuk FLR dan FLRG

Fuzzy Logical Relationship (FLR) atau relasi *fuzzy* merupakan relasi yang terbentuk dari hasil fuzzifikasi dua himpunan *fuzzy* yang berurutan. FLR dapat dinyatakan dengan $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i adalah *current state* atau *left hand side* sedangkan A_j adalah *next state* atau *right hand side*.

Tabel 9 *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

No	Waktu	FLR
1	Jan 2011 - Feb 2011	$A_1 \rightarrow A_1$
2	Feb 2011 - Mar 2011	$A_1 \rightarrow A_4$
3	Mar 2011 - Apr 2011	$A_4 \rightarrow A_6$
4	Apr 2011 - Mei 2011	$A_6 \rightarrow A_6$
5	Mei 2011 - Jun 2011	$A_6 \rightarrow A_7$
⋮	⋮	⋮
119	Nov 2020 - Des 2020	$A_{28} \rightarrow A_{33}$

Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) merupakan grup yang terbentuk dari pengelompokan FLR yaitu dengan cara menggabungkan FLR yang memiliki *left hand side* yang sama menjadi satu grup atau FLRG.

Tabel 10 *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_1, A_4$
2	$A_2 \rightarrow A_5$
3	$A_3 \rightarrow \emptyset$
4	$A_4 \rightarrow A_6$
5	$A_5 \rightarrow A_4$
\vdots	\vdots
41	$A_{41} \rightarrow A_{40}$

5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses menghitung nilai hasil peramalan pada setiap *left hand side* pada masing-masing FLRG yang telah terbentuk. Hasil defuzzifikasi yang ada pada tabel di atas diperoleh berdasarkan tiga aturan defuzzifikasi.

Tabel 11 Defuzzifikasi Model Chen

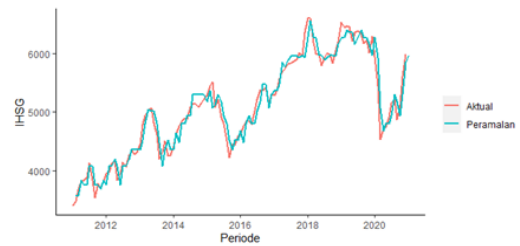
Himpunan Fuzzy	Defuzzifikasi
A_1	3565.000
A_2	3765.000
A_3	3605.000
A_4	3845.000
\vdots	\vdots
A_{33}	5973.000
\vdots	\vdots
A_{41}	6565.000

Berdasarkan nilai defuzzifikasi tersebut dapat diperoleh hasil peramalan nilai IHSG dari bulan Februari 2011 sampai dengan Januari 2021 seperti pada tabel berikut:

Tabel 12 Hasil Peramalan Model Chen

No	Waktu	Fuzzifikasi	Peramalan (Rp)
1	Jan 2011	A_1	*
2	Feb 2011	A_1	3565.000
3	Ma 2011	A_4	3565.000
4	Apr 2011	A_6	3845.000
5	Mei 2011	A_6	3765.000
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
120	Des 2020	A_{33}	5845.000
121	Jan 2021	-	5973.000

Peramalan untuk Januari 2021 mengikuti hasil defuzzifikasi dari himpuna fuzzy pada bulan sebelumnya yaitu Desember 2020 yang fuzzifikasinya adalah A_{33} . Selanjutnya melihat tabel defuzzifikasi A_{33} untuk mengetahui hasil peramalannya dan didapatkan nilai sebesar Rp 5.973,000.



Gambar 2 Plot Data Aktual dan Hasil Peramalan Model Chen

6. Menghitung nilai MAE dan MAPE

Hasil peramalan dihitung kesalahannya (*error*) menggunakan MAE dan MAPE dan didapatkan nilai MAE sebesar 134,058 dan MAPE sebesar 2,679% atau dengan mengikuti rumus (12) ketepatannya sebesar 97,321%. Berdasarkan Tabel 2 maka dapat dikatakan bahwa hasil peramalan menggunakan metode *fuzzy time series* model Chen sangat baik karena nilai MAPE yang dihasilkan kurang dari 10%.

Fuzzy Time Series Model Heuristic

Peramalan dengan metode *fuzzy time series* model *Heuristic* memiliki langkah yang tidak jauh berbeda dengan model Chen. Perbedaannya adalah pada model *Heuristic* setelah terbentuk FLRG masih harus dibentuk FLRG *Heuristic* (langkah 1 sampai dengan langkah 4 sama dengan model Chen). Lebih jelasnya peramalan dengan metode *fuzzy time series* model *Heuristic* sebagai berikut:

5. Membentuk FLRG *Heuristic*

Tahapan ini mengasumsikan bahwa adanya *heuristic knowledge* (*h*) yaitu mengenai peningkatan dan penurunan data aktual pada periode selanjutnya yang akan mempengaruhi pemilihan himpunan fuzzy yang lebih tepat pada tahap penghitungan hasil defuzzifikasi.

Tabel 13 *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) *Heuristic*

FLRG	<i>Heuristic</i> ↑ atau ↓	FLRG <i>Heuristic</i>
$A_1 \rightarrow A_1, A_4$	↑	$A_1 \rightarrow A_1, A_4$
	↓	$A_1 \rightarrow A_1$
$A_2 \rightarrow A_5$	↑	$A_2 \rightarrow A_5$
	↓	$A_2 \rightarrow \emptyset$
$A_3 \rightarrow \emptyset$	↑	$A_3 \rightarrow \emptyset$
	↓	$A_3 \rightarrow \emptyset$
$A_4 \rightarrow A_6$	↑	$A_4 \rightarrow A_6$
	↓	$A_4 \rightarrow \emptyset$
\vdots	\vdots	\vdots
$A_{41} \rightarrow A_{40}$	↑	$A_{41} \rightarrow \emptyset$
	↓	$A_{41} \rightarrow A_{40}$

Keterangan : \uparrow = FLRG heuristic increasing
 \downarrow = FLRG heuristic decreasing

Hasil FLRG pada tahap sebelumnya akan dibedakan menjadi dua untuk setiap grupnya yaitu *heuristic increasing* atau yang dinotasikan dengan \uparrow untuk data aktual yang mengalami peningkatan pada periode selanjutnya dan *heuristic decreasing* atau yang dinotasikan dengan \downarrow untuk yang mengalami penurunan. Anggota FLRG akan menjadi anggota dari *heuristic increasing* jika j pada $A_j \geq i$ pada A_i sedangkan jika j pada $A_j \leq i$ pada A_i maka akan menjadi anggota *heuristic decreasing*.

6. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi model Heuristic merupakan proses menghitung nilai hasil peramalan setiap *left hand side* pada masing-masing grup FLRG *heuristic (heuristic increasing dan decreasing)*.

Tabel 14 Defuzzifikasi Model Heuristic

Heuristic \uparrow atau \downarrow	FLRG Heuristic	Defuzzifikasi
\uparrow	$A_1 \rightarrow A_1, A_4$	3565.000
\downarrow	$A_1 \rightarrow A_1$	3445.000
\uparrow	$A_2 \rightarrow A_5$	3765.000
\downarrow	$A_2 \rightarrow \emptyset$	3525.000
\uparrow	$A_3 \rightarrow \emptyset$	3605.000
\downarrow	$A_3 \rightarrow \emptyset$	3605.000
\uparrow	$A_4 \rightarrow A_6$	3845.000
\downarrow	$A_4 \rightarrow \emptyset$	3685.000
\vdots	\vdots	\vdots
\uparrow	$A_{33} \rightarrow A_{33}, A_{37}$	6165.000
\downarrow	$A_{33} \rightarrow A_{30}, A_{31}, A_{32}, A_{33}$	5885.000
\vdots	\vdots	\vdots
\uparrow	$A_{41} \rightarrow \emptyset$	6645.000
\downarrow	$A_{41} \rightarrow A_{40}$	6565.000

Keterangan : \uparrow = FLRG heuristic increasing
 \downarrow = FLRG heuristic decreasing

Hasil defuzzifikasi yang ada pada tabel di atas diperoleh berdasarkan tiga aturan defuzzifikasi model Heuristic. Berdasarkan nilai defuzzifikasi tersebut dapat diperoleh hasil peramalan nilai IHSG seperti pada tabel berikut:

Tabel 15 Hasil Peramalan Model Heuristic

No	Waktu	Fuzzifikasi	Peramalan
1	Jan 2011	A_1 (*)	(*)

2	Feb 2011	A_1	(\uparrow)	3565.000
3	Mar 2011	A_4	(\uparrow)	3565.000
4	Apr 2011	A_6	(\uparrow)	3845.000
5	Mei 2011	A_6	(\uparrow)	3885.000
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
120	Des 2020	A_{33}	(\uparrow)	5845.000
121	Jan 2021	-	(\uparrow)	6165.000
			(\downarrow)	5885.000

Hasil peramalan untuk Januari 2021 mengikuti hasil defuzzifikasi pada bulan Desember 2020 yang fuzzifikasinya adalah A_{33} . Selanjutnya melihat tabel defuzzifikasi A_{33} untuk mengetahui hasil peramalannya dan didapatkan peramalan nilai IHSG untuk Januari 2021 maksimal sebesar Rp 6.165,000 (*increasing*) dan minimal Rp 5.885,000 (*decreasing*).

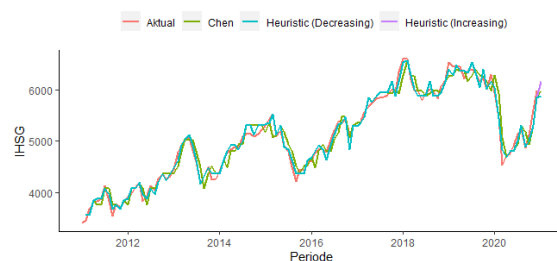


Gambar 3 Plot Data Aktual dan Hasil Peramalan Model Heuristic

7. Menghitung nilai MAE dan MAPE

Kesalahan (*error*) peramalan dengan model Heuristic pada penelitian ini didapatkan nilai MAE sebesar 77,791 dan MAPE sebesar 1,54% dengan mengikuti rumus (12) maka ketepatan hasil peramalannya adalah 98,46%. Berdasarkan Tabel 2, model ini dapat dikatakan sangat baik digunakan untuk peramalan karena nilai MAPE yang dihasilkan kurang dari 10%.

Perbandingan Model



Gambar 4 Plot Perbandingan Hasil Peramalan

Plot hasil peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* model Heuristic lebih menyerupai plot data aktual yang artinya kemampuan model Heuristic lebih baik dalam meramalkan IHSG daripada model Chen. Selain dengan melihat plot digunakan juga MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean*

Absolute Percentage Error) sebagai pengukur kesalahan peramalan (*error*). Metode *fuzzy time series* model Chen dan *Heuristic* dibandingkan dengan asumsi bahwa model peramalan yang menghasilkan nilai kesalahan peramalan (*error*) terkecil adalah model yang lebih baik.

Tabel 16 Perbandingan Model

Model	MAE	MAPE	Ketepatan
Chen	134.058	2.679%	97.321%
Heuristic	77.791	1.54%	98.46%

Kedua ukuran konsisten dalam mengukur kesalahan peramalan (*error*) pada kedua model. Meskipun perbedaan kesalahan peramalan dari kedua model hanya sedikit dan nilai MAPE termasuk dalam kriteria sangat baik dalam meramalkan, tetapi dengan melihat hasil dari kedua parameter pengukur kesalahan peramalan dapat dikatakan bahwa model *Heuristic* merupakan model yang lebih baik dibandingkan dengan model Chen.

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan hasil peramalan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan menggunakan metode *fuzzy time series* model Chen pada Januari 2021 adalah Rp 5.973, dan dengan model *Heuristic* maksimal (*increasing*) adalah Rp 6.165 sedangkan minimalnya (*decreasing*) adalah Rp 5.885. Berdasarkan nilai MAE dan MAPE terkecil yaitu sebesar 77,791 dan 1,54% atau ketepatannya sebesar 98,46% maka dapat dikatakan bahwa model *Heuristic* merupakan model yang lebih baik dalam meramalkan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG).

Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan membandingkan *fuzzy time series* model *Heuristic* dengan model lain atau dengan membandingkan metode interval berbasis rata-rata dengan metode lain agar menghasilkan ketepatan peramalan yang lebih baik.

Daftar Pustaka

Anggraeni, W., Vinarti, R. A., & Kurniawati, Y. D. (2015). Performance Comparisons between Arima and Arimax Method in Moslem Kids Clothes Demand Forecasting: Case Study. *Procedia Computer Science*, 72,

630–637.

- Chang, P. C., Y. W. Wang, dan C. H. Liu. 2007. *The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting*. *International Journal of Expert Systems with Applications* 32(1): 86-96.
- Chen, S. M. 1996. *Forecasting enrollments based on fuzzy time series*. *International Journal of Fuzzy Sets and System* 81(3): 311-319.
- Elena, M., M. H. Lee, Suhartono, Hossein, N. Haizum, dan N. A. Bazilah. 2012. *Fuzzy Time Series and Sarima Model for Forecasting Tourist Arrivals to Bali*. *Jurnal Teknologi* 57(1): 69-81.
- Hansun, S. 2012. Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)* 6(2): 79-88.
- Hariato dan Sudomo. 1998. *Perangkat dan Teknik Analisis Investasi di Pasar Modal di Indonesia*. PT BEJ. Jakarta.
- Huang, K. 2001. *Heuristic models of fuzzy time series for forecasting*. *International Journal of Fuzzy Sets and Systems* 123(3): 369-386.
- Jilani, T.A., dan Burney, S.M.A. 2008. *A refined fuzzy time series model for stock market forecasting*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 387(12): 2857-2862.
- Kustodian Sentral Efek Indonesia. 2019. *Pencapaian KSEI Tahun 2019: Implementasikan Tonggak Sejarah Baru Pasar Modal Indonesia*. Jakarta: Berita Pers KSEI.
- Kusumadewi, S., S. Hartati, Harjoko, dan R. Wardoyo. 2006. *Fuzzy Multi Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Putra, N. A. 2013. *Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Fuzzy Time Series Model Chen (Studi Kasus: Kota Tanjungpinang)*. *Skripsi*. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Kepulauan Riau.

- Phalupy, F.Z. 2013. Perbandingan Metode Peramalan Inflasi: *Ordinary Least Square* (OLS), *Exponential Smoothing* dan ARIMA. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Song, Q. dan B. S. Chissom. 1993. *Fuzzy time series and its models*. *International Journal of Fuzzy Sets and System* 54(3): 269-277.
- Sudjana. 1989. Metode Statistik Edisi IV. Bandung: Tarsito.
- Sugumonrong, D. P., A. Handinata, dan A. Tehja. 2019. Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Model Algoritma Chen. *Journal of Informatics Engineering Research and Technolog* 1(1): 48-54.
- Sumartini, M. N. Hayati, dan S. Wahyuningsih. 2017. Peramalan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng. *Jurnal Ekspansional* 8(1): 51-56.
- Tauryawati, M. L. dan M. I. Irawan. 2014. Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng dan Metode *Box-Jenkins* untuk Memprediksi IHSG. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* 3(2): 34-39.
- Xihao, S. dan Yimin, L. 2008. *Average-based fuzzy time series models for forecasting Shanghai compound index*. *World Journal of Modelling and Simulation* 4(2): 104-111.
- Zamani, H. 2019. Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan Singh pada Nilai Ekspor Indonesia Tahun 1999-2020. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Zimmermann. 1991. *Fuzzy Sets Theory and Its Applications*. Edisi 2. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts.

