

Hibrida *Autoregressive Integrated Moving Average* dan *Fuzzy Time Series Cheng* untuk Prediksi Harga Saham

Autoregressive Integrated Moving Average and Fuzzy Time Series Cheng Hybrid for Predicting Stock Price

Ignasia N.G. Neyun¹, Winita Sulandari^{2*}, Isnandar Slamet³

^{1,2,3}Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

ignasianeyun@student.uns.ac.id¹, winita@mipa.uns.ac.id², isnandarslamet@staff.uns.ac.id³

Informasi Artikel:

Diterima: 16 Mei 2023, Direvisi: 28 Juli 2023, Disetujui: 10 November 2023

Abstrak-

Latar Belakang: PT Telkom Indonesia Tbk merupakan perusahaan terbesar dalam bidang telekomunikasi di Indonesia. Harga saham PT Telkom selalu naik setiap tahun menarik investor berinvestasi. Dalam berinvestasi, sangat penting untuk menganalisis saham agar dapat mengetahui situasi dan kondisi saham.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan meramalkan harga saham PT Telkom Indonesia Tbk.

Metode: Metode yang digunakan adalah metode hibrida *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)-Fuzzy Time Series Cheng*. Model FTS Cheng mampu mengatasi permasalahan nonlinearitas dalam residu model ARIMA. Dalam penelitian ini, pemodelan pertama menggunakan model ARIMA, dimana data dibagi menjadi dua yaitu data Januari sampai November 2019 digunakan sebagai *data training*, dan data Desember 2019 digunakan sebagai *data testing*. Selanjutnya, dilakukan pemodelan residual dengan FTS Cheng. Peramalan hibrida diperoleh dengan menjumlahkan hasil ramalan ARIMA dan FTS Cheng.

Hasil: Evaluasi model didasarkan pada nilai MAPE dan pada penelitian ini diperoleh nilai MAPE model hibrida ARIMA-FTS Cheng sebesar 1,03% untuk *data training* dan 1,09% untuk *data testing*.

Kesimpulan: Model hibrida memiliki nilai MAPE kurang dari 10%, sehingga dapat disimpulkan bahwa model hibrida ARIMA-FTS Cheng dapat meramalkan *data closing price* saham PT Telkom Indonesia Tbk dengan akurat.

Kata Kunci: Saham, ARIMA, FTS Cheng, Hibrida.

Abstract-

Background: PT Telkom Indonesia Tbk is the largest company in the telecommunications sector in Indonesia. PT Telkom's share price always rises every year, attracting investors to invest. In investing, it is very important to analyze shares in order to know the situation and condition of the shares.

Objective: This research aims to predict the share price of PT Telkom Indonesia Tbk.

Methods: The method used is the *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)-Fuzzy Time Series Cheng* hybrid method. Cheng's FTS model is able to overcome nonlinearity problems in ARIMA model residuals. In this research, the first modeling uses the ARIMA model, where the data is divided into two, namely January to November 2019 data used as training data, and December 2019 data used as testing data. Next, residual modeling was carried out with FTS Cheng. Hybrid forecasting is obtained by adding up the results of ARIMA and FTS Cheng forecasts.

Result: Model evaluation is based on MAPE values and in this study the MAPE value of the ARIMA-FTS Cheng hybrid model was obtained at 1.03% for training data and 1.09% for testing data.

Conclusion: The hybrid model has a MAPE value of less than 10%, so it can be concluded that the ARIMA-FTS Cheng hybrid model can predict PT Telkom Indonesia Tbk stock closing price data accurately.

Keywords: Stock, ARIMA, FTS Cheng, Hybrid.

Penulis Korespondensi:

Winita Sulandari,

Program Studi Statistika, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Email: winita@mipa.uns.ac.id

How to Cite: I. N. G. Neyun, W. Sulandari, Isnandar Slamet, "Penerapan Model Hibrida ARIMA-FTS Cheng dalam Meramalkan Harga Saham", *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, vol. 5, no. 2, pp. 139~150, 2023.

This is an open access article under the CC BY-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang semakin maju membuat masyarakat Indonesia semakin terbuka terhadap teknologi, sehingga semakin mudah juga untuk berinvestasi. Berdasarkan data PT KSEI, jumlah investor pasar modal telah meningkat 33,53% dari 7.489.337 di akhir tahun 2021 menjadi 10.000.628 pada 03 November 2022 [1]. Salah satu pilihan investasi terbaik adalah memiliki saham. Saham adalah tanda bukti penyertaan kepemilikan modal atau dana pada suatu perusahaan [2]. Salah satu perusahaan yang menjual saham di pasar modal adalah PT Telkom Indonesia Tbk. Jumlah pelanggan Telkomsel pada akhir Maret 2022 mencapai 175,0 juta pelanggan dengan pengguna mobile data sebanyak 119,8 juta pelanggan [3]. Harga saham selalu berfluktuatif karena adanya faktor ekonomi yang bervariasi, seperti inflasi dan indeks harga konsumen [4]. Dalam berinvestasi, sangat penting untuk menganalisis saham agar dapat mengetahui situasi dan kondisi saham. Pergerakan harga saham dapat diprediksi dengan menggunakan peramalan. Dalam penelitian ini, model peramalan yang digunakan adalah model hibrida *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)-Fuzzy Time Series Cheng (FTS Cheng)*. Menurut [5], ARIMA bekerja dengan asumsi dasar bahwa data saat ini berhubungan secara linier dengan nilai dan kesalahan yang diamati di masa lalu. Model ARIMA adalah model linear dan tidak dapat menangkap struktur data yang nonlinier, sehingga dimungkinkan residunya masih mengandung struktur nonlinier. Model FTS Cheng mampu mengatasi permasalahan nonlinearitas dalam residu model ARIMA.

Penelitian tentang model hibrida ARIMA dan neural network (NN) telah dilakukan oleh [6] yaitu menggunakan metode hibrida ARIMA *Neural Network* untuk memprediksi harga saham PT Unilever periode Januari hingga Desember 2019, karena metode ini digunakan untuk memprediksi runtun waktu yang linier maupun non linier. Selanjutnya adalah penelitian oleh [7] yaitu meramalkan menggunakan metode *Cheng Modified Fuzzy Time Series (FTS)* dan menentukan akurasi hasil peramalan yang diperoleh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Modified FTS Cheng dapat digunakan dalam forecasting, baik dengan menentukan interval berbasis rata-rata atau menggunakan persamaan Sturges. Peramalan harga saham PT Telkom Indonesia yang dilakukan oleh [8] yaitu peramalan harga saham PT Telkom menggunakan metode fuzzy time series model Cheng. Hasil peramalan metode diukur tingkat akurasinya dengan menggunakan MAPE. Dari peramalan metode *fuzzy time series* model Cheng diperoleh nilai MAPE sebesar 1,06%.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini menggabungkan metode ARIMA dan Fuzzy Time Series Cheng untuk memprediksi harga saham pada PT Telkom Indonesia Tbk. **Penelitian ini bertujuan** untuk menerapkan metode hibrida ARIMA-FTS Cheng untuk meramalkan harga saham PT Telkom Indonesia Tbk.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian *closing price* saham PT. Telkom Indonesia Tbk tahun 2019 yang diperoleh dari laman *investing.com* [9]. *Data training* yang digunakan adalah data bulan Januari hingga November dengan jumlah data sebanyak 226 data dan *data testing*-nya adalah data bulan Desember dengan jumlah data sebanyak 19 data.

2.2. Metode Analisis Data

2.2.1. Pemodelan Arima

1. Uji stasioneritas dalam varians dengan uji Box-Cox

Jika nilai *rounded value* atau lambda (λ) lebih dari sama dengan 1, maka data dikatakan telah stasioner dalam varians [10]. Namun, jika tidak maka harus dilakukan transformasi sampai nilai *rounded value* pada Box-Cox bernilai 1 atau lebih dari 1. Berikut Persamaan (1) transformasi Box-Cox [11]:

$$V_i = \begin{cases} \left(\frac{y_i \lambda - 1}{\lambda}\right), & \lambda \neq 0 \\ \log(y_i), & \lambda = 0 \end{cases} \quad (1)$$

dengan

Y_t : Data waktu ke-t
 λ : Nilai parameter transformasi

- Uji stasioneritas dalam rata-rata dengan uji akar unit Dickey-Fuller

Untuk mengetahui apakah data *time series* yang digunakan stasioner atau tidak stasioner, maka digunakan uji akar unit [12]. Uji akar unit Dickey-Fuller mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 + \delta Y_{t-1} + \varnothing_1 \sum_{i=1}^k \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t, \tag{2}$$

Hipotesis : H_0 : $\varepsilon = 0$ (memiliki akar unit, tidak stasioner)

H_0 : $\varepsilon \neq 0$ (tidak memiliki akar unit, stasioner)

Kriteria pengujian:

Jika nilai $T_{hitung} > |T_{(\alpha, n-1)}|$ (dengan $\alpha = 0.05$) maka H_0 ditolak.

- Menentukan orde ARIMA berdasarkan plot ACF dan PACF.

- Mengestimasi parameter model dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*.

Metode estimasi parameter model ARIMA yang banyak digunakan pada program olah data statistik menggunakan estimasi conditional *maximum likelihood* digunakan untuk mengestimasi parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat fungsi residu.

- Estimasi parameter model ARIMA dinyatakan signifikan apabila seluruh parameter memiliki nilai $\Pr(> |z|)$ kurang dari nilai taraf signifikan [13].

- Untuk menguji apakah residual memenuhi asumsi white noise maka digunakan uji Ljung Box [14]:

Hipotesa : H_0 : $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$

H_1 : minimal ada satu $\rho_k \neq 0$ untuk $k = 0, 1, 2, \dots, k$

Dengan statistik uji:

$$Q = n(n + 2) \sum_{K+1}^K \frac{\hat{\rho}_K^2}{n - K} \tag{3}$$

dengan

n : banyak data observasi,

k : lag waktu,

K : jumlah maksimum lag,

$\hat{\rho}_k^2$: besar autokorelasi residual sampai lag ke k.

Daerah penolakan:

H_0 ditolak jika $Q > X_{(a, K-p-q)}^2$ atau $p - value < \alpha$

- Melakukan pengujian normalitas terhadap residual dengan menggunakan uji Kolomogorv Smirnov. Hipotesis yang diuji adalah residual atau error berdistribusi normal, residual dikatakan berdistribusi normal jika $p - value$ lebih dari α dengan adalah 0,05 [10].

- Melakukan peramalan *closing price* saham PT Telkom Indonesia dengan model ARIMA.

2.2.2. Pemodelan *Fuzzy Time Series* Cheng

Langkah-langkah meramalkan menggunakan FTS Cheng dengan menggunakan residual model ARIMA adalah sebagai berikut [15]:

- Mendefinisikan semesta pembicaraan U (*universe of discourse*) kemudian membaginya menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Menentukan panjang interval dapat dilakukan dengan metode basis rata-rata. Interval yang jumlah datanya melebihi rata-rata maka harus dipecah menjadi lebih kecil dan membaginya dengan jarak yang sama.
- Mendefinisikan himpunan fuzzy dan melakukan fuzzifikasi pada data yang diamati. Misal A_1, A_2, \dots, A_k adalah himpunan fuzzy yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik. Pendefinisian himpunan fuzzy A_1, A_2, \dots, A_k .

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{a_{11}}{u_1} + \frac{a_{12}}{u_2} + \dots + \frac{a_{1m}}{u_m} \\
 A_2 &= \frac{a_{21}}{u_1} + \frac{a_{22}}{u_2} + \dots + \frac{a_{2m}}{u_m} \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 A_k &= \frac{a_{k1}}{u_1} + \frac{a_{k2}}{u_2} + \dots + \frac{a_{km}}{u_m}
 \end{aligned}$$

di mana a_{ij} mempunyai range $[0,1]$, $1 \leq i \leq k$ dan $1 \leq j \leq m$. Nilai dari a_{ij} menandakan derajat keanggotaan dari u_j dalam himpunan fuzzy A_i .

3. Menetapkan *fuzzy logic relationship* (FLR) atau hubungan logika fuzzy. Pada data yang telah difuzzifikasi dua himpunan fuzzy yang berurutan $A_i(t - 1)$ dan $A_j(t)$ dapat dinyatakan sebagai FLR $A_i \rightarrow A_j$.
4. Menentukan *fuzzy logic relationship group* (FLRG) atau kelompok hubungan logika fuzzy. FLR yang memiliki *current state* yang sama dapat dikelompokkan menjadi group FLR. Misalnya $A_i \rightarrow A_j, A_i \rightarrow A_k, A_i \rightarrow A_m$ dapat dikelompokkan menjadi $A_i \rightarrow A_j, A_k, A_m$.
5. Menetapkan bobot pada FLRG. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama,
 - $(t = 1)$ $A_1 \rightarrow A_1$ dengan bobot 1,
 - $(t = 2)$ $A_1 \rightarrow A_2$ dengan bobot 1,
 - $(t = 3)$ $A_1 \rightarrow A_1$ dengan bobot 2,
 - $(t = 4)$ $A_1 \rightarrow A_1$ dengan bobot 3,
 - $(t = 5)$ $A_1 \rightarrow A_1$ dengan bobot 4,
 dalam hal ini t menyatakan waktu.

6. Kemudian mentransfer bobot tersebut ke dalam matriks pembobotan yang telah dinormalisasi $W_n(A_i)$ yang persamaannya ditulis berikut:

$$\begin{aligned}
 W_n(A_i) &= W'_1, W'_2, \dots, W'_i \\
 &= \left[\frac{W_1}{\sum_{k=1}^i W_k}, \frac{W_2}{\sum_{k=1}^i W_k}, \dots, \frac{W_k}{\sum_{k=1}^i W_k} \right]
 \end{aligned}$$

7. Menghitung hasil peramalan. Untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobotan $W(A_i)$ yang telah dinormalisasi menjadi $W_n(A_i)$ tersebut kemudian dikalikan dengan matriks defuzzifikasi yaitu $L_{df}.L_{df} = [m_1, m_2, \dots, m_k]$ di mana m_k adalah nilai tengah dari tiap-tiap interval. Cara untuk menghitung peramalannya adalah

$$F_t = L_{df(t-1)}W_n(t - 1) \tag{4}$$

8. Memodifikasi peramalan dengan melakukan peramalan adaptif dengan rumus:

$$\text{Peramalan Adaptif } (t) = Y_{t-1} + h * (F_t - Y_{t-1}) \tag{5}$$

dengan Y_{t-1} adalah nilai data aktual pada waktu $t - 1$, F_t adalah hasil peramalan, peramalan adaptif (t) adalah hasil modifikasi peramalan pada waktu (t) dan h adalah parameter pembobotan dengan berkisar dari nilai 0,001-1.

2.2.3. Pemodelan hibrida ARIMA-FTS Cheng

Model ARIMA tidak dapat menangkap struktur data yang nonlinier, sehingga residual dari model linier mengandung informasi tentang struktur data nonlinier. Model FTS Cheng mampu mengatasi permasalahan nonlinearitas dalam residu model ARIMA. Data runtun waktu yang terdiri dari pola linier dan nonlinier dapat dituliskan dalam persamaan [6].

$$Y_t = L_t + N_t$$

dengan Y_t merupakan data runtun waktu ke- t , L_t menunjukkan komponen linier ke- t (ARIMA), dan N_t menunjukkan komponen nonlinier ke- t (FTS Cheng). Misalkan e_t menunjukkan residual pada waktu t dari model linier maka

$$\varepsilon_t = Y_t + \hat{L}_t$$

dengan ε_t merupakan residual ARIMA dan \hat{L}_t merupakan nilai estimasi dari model ARIMA dalam waktu ke- t . Sehingga fungsi kombinasi untuk memprediksi adalah

$$\hat{Y}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t \tag{6}$$

dengan \hat{N}_t nilai estimasi dari model FTS Cheng dalam waktu ke- t dan \hat{Y}_t adalah nilai estimasi dari model hibrida ARIMA-FTS Cheng.

2.2.4. Ketepatan Peramalan

Akurasi metode peramalan bertujuan untuk mengevaluasi hasil dari prediksi yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai akurasi dari metode peramalan dengan persamaan sebagai berikut [16]:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \times 100 \tag{7}$$

Berdasarkan penilaian MAPE, kesimpulan akurasi metode peramalan dijelaskan pada Tabel 1 [16].

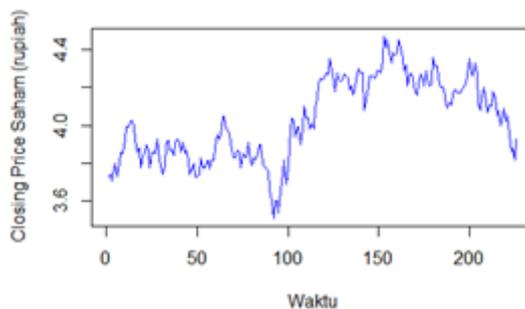
Tabel 1. Kriteria MAPE

Persentase MAPE	<10%	10% - 20%	20% - 50%	>50%
Tingkat Akurasi	Sangat Akurat	Akurat	Kurang Akurat	Tidak Akurat

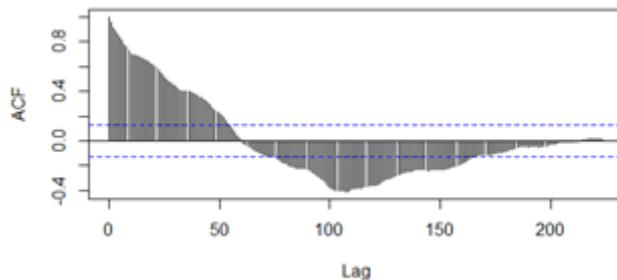
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembentukan Model ARIMA (\hat{L}_t)

Analisis peramalan harga saham dengan metode ARIMA dilakukan melalui empat tahapan, yaitu identifikasi model, estimasi model, pengecekan model, dan peramalan dengan model ARIMA. Pembagian data dilakukan dengan membagi data menjadi dua bagian yaitu *data training* dan *data testing*. *Data training* akan digunakan untuk melatih model sedangkan *data testing* digunakan untuk menguji model sebagai implementasi penggunaan model pada kasus nyata. *Data training* terdiri dari 226 data yaitu data bulan Januari hingga November 2019 dan *data testing* terdiri dari 19 data yaitu data bulan Desember tahun 2019. Berikut ditampilkan plot data *closing price* saham PT Telkom Indonesia Tbk tahun 2019.



Gambar 1. Plot Data *Closing Price* Saham PT Telkom tahun 2019



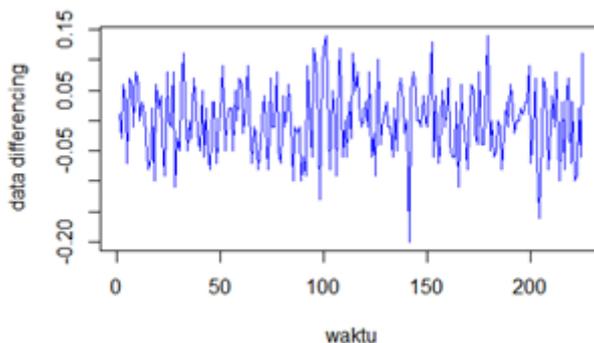
Gambar 2. Plot ACF Data *Closing Price* Saham PT Telkom Indonesia

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pola data *closing price* saham PT Telkom Indonesia Tbk cenderung berfluktuasi dengan tinggi. Gambar 2 juga menunjukkan bahwa plot ACF data *closing price* saham PT Telkom Indonesia tahun 2019 cenderung perlahan menuju nilai nol sehingga dapat disimpulkan data tidak berpola trend maupun musiman. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan kestasioneran data dalam varians dan rata-rata. Stasioneritas terhadap varians dapat dilihat berdasarkan nilai *rounded value*. Berdasarkan *output* uji Box-Cox dengan menggunakan *software* R, diperoleh nilai $\lambda = 1,243238$ yang berarti data sudah stasioner dalam varians sehingga data tidak perlu ditransformasi. Setelah data telah stasioner dalam varians, maka dapat dilanjutkan dengan menguji kestasioneran data dalam rata-rata. Uji stasioner dalam rata-rata dapat dilakukan dengan uji ADF seperti pada Persamaan (2) yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji ADF Data *Closing Price* Saham PT Telkom Indonesia

Statistik Uji	Nilai	
	Sebelum differencing	Setelah differencing
Dickey-Fuller	-1,7931	-5,9812
p-value	0,6628	0,01

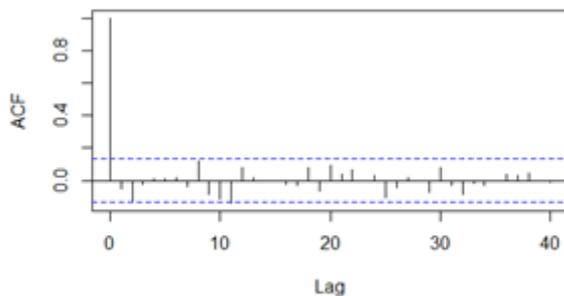
Tabel 1 menunjukkan nilai *p-value* data sebelum dilakukakan differencing lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ yang berarti data belum stasioner dalam rata-rata. Setelah melakukan *differencing*, nilai *p-value* lebih kecil dari nilai α sehingga dapat disimpulkan data sudah stasioner dalam rata-rata. Plot data setelah dilakukan *differencing* ditunjukkan pada Gambar 3.



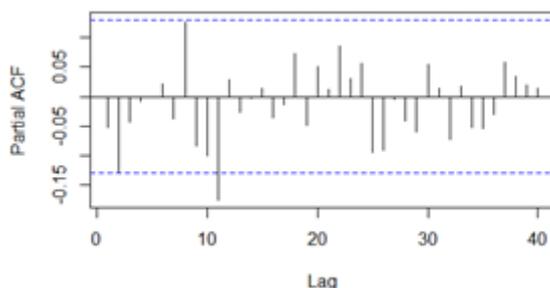
Gambar 3. Plot Data *DifferencingClosingPrice* Saham PT Telkom

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa data telah berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata dan Gambar 4 menunjukkan plot ACF setelah *differencing* turun signifikan menuju nol yang berarti data telah stasioner dalam rata-rata. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi model ARIMA. Identifikasi model ARIMA didasarkan pada plot ACF dan PACF dari data yang telah di *differencing* yang ditunjukkan dengan Gambar 4 dan Gambar 5.

Untuk menentukan ordo AR dapat dilakukan dengan melihat correlogram PACF terhadap data harga saham yang telah dilakukan proses *differencing*, sedangkan untuk menentukan ordo MA dapat dilakukan dengan melihat correlogram ACF terhadap data harga saham yang telah dilakukan proses *differencing*. Gambar 4



Gambar 4. Plot ACF Closing Price Saham PT Telkom



Gambar 5. Plot PACF Closing Price Saham PT Telkom

menunjukkan ACF dari data dan dapat dilihat bahwa lag ke 2 signifikan. Gambar 5 menunjukkan bahwa lag ke 2 dan 11 signifikan. Oleh karena itu, beberapa model dugaan ARIMA yang diperoleh berdasarkan plot ACF dan PACF adalah ARIMA (2,1,0) dan ARIMA (1,1,0), ARIMA(2,1,1), ARIMA(1,1,1), ARIMA(0,1,1) dan ARIMA(2,1,2). Selanjutnya keenam model ARIMA tersebut akan dilakukan estimasi parameter, pengujian signifikansi parameter, uji asumsi residual berdistribusi normal, dan uji asumsi residual *white noise*. Estimasi parameter model ARIMA dinyatakan signifikan apabila seluruh parameter memiliki nilai $Pr(>|z|)$ kurang dari nilai $\alpha = 0,05$. Parameter model ARIMA dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kinerja sistem

No	Model	Parameter	Estimasi	$Pr(< z)$	Kesimpulan
1	ARIMA(2,1,0)	ϕ_1	-0,059856	0,36778	Tidak Signifikan
		ϕ_2	-0,132097	0,04686	Signifikan
2	ARIMA(0,1,1)	θ_1	-0,073376	0,3475	Tidak Signifikan
3	ARIMA(1,1,0)	ϕ_1	-0,053832	0,4213	Tidak Signifikan
4	ARIMA(1,1,1)	ϕ_1	0,78982	4,20810-9	Signifikan
		θ_1	-0,86906	<2,210-16	Signifikan
5	ARIMA(2,1,1)	ϕ_1	0,220682	0,5867	Tidak Signifikan
		ϕ_2	-0,117618	0,1250	Tidak Signifikan
		θ_1	-0,286255	0,4821	Tidak Signifikan
6	ARIMA(2,1,2)	ϕ_1	0,257964	0,7157	Tidak Signifikan
		ϕ_2	-0,154809	0,7642	Tidak Signifikan
		θ_1	-0,323099	0,6516	Tidak Signifikan
		θ_2	0,040912	0,9420	Tidak Signifikan

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh parameter ARIMA (1,1,1) signifikan dibuktikan dengan nilai $p - value$ kurang dari nilai α , sehingga akan dilakukan uji diagnostik residual. Model ARIMA terbaik harus dipilih model di mana residualnya berdistribusi normal dan tidak saling berkorelasi atau *white noise*. Hasil uji Ljung Box menunjukkan bahwa nilai $p - value = 0,2075 > \alpha$ yang artinya residu model ARIMA(1,1,1) memenuhi asumsi *white noise*. Setelah didapatkan model yang memenuhi asumsi *white noise*, maka pemeriksaan dilanjutkan dengan melakukan uji normalitas. Hasil uji Kolmogorov Smirnov menunjukkan nilai $p - value = 0,6357 > \alpha$ yang artinya residu model ARIMA(1,1,1) berdistribusi normal. Berdasarkan estimasi parameter

dan uji diagnostik residu, maka ARIMA(1,1,1) merupakan model ARIMA terbaik. Langkah selanjutnya adalah melakukan peramalan *data training* dengan model pertama yaitu ARIMA(1,1,1). Peramalan dengan model ARIMA(1,1,1) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Peramalan ARIMA

Tanggal	Y_t	\hat{L}_t	e_t
02 Jan 2019	3,73	3,72627	0,00373
03 Jan 2019	3,74	3,730082	0,009918
04 Jan 2019	3,71	3,73917	-0,02917
-	-	-	-
-	-	-	-
27 Nov 2019	3,88	3,876575	0,003425
28 Nov 2019	3,82	3,89282	-0,07282
29 Nov 2019	3,93	3,835895	0,094105

3.2. Pembentukan Model FTS Cheng (\hat{N}_t)

Pemodelan dengan FTS Cheng akan menggunakan data residual dari ARIMA(1,1,1). Langkah pertama adalah mendefinisikan semesta pembicaraan U (*universe of discourse*) kemudian membaginya menjadi beberapa interval dengan jarak yang sama. Interval yang jumlah datanya melebihi rata-rata maka harus dipecah menjadi lebih kecil dan membaginya dengan jarak yang sama. Pada data *closing price* saham PT Telkom Indonesia didefinisikan $U = [-0,2, 0,16]$. Dengan menggunakan metode berbasis rata-rata, panjang interval yang ditunjukkan dalam model hibrida ARIMAFTS Cheng berikut ini adalah interval 0.01.

Tabel 5. Interval Nilai Residu

Interval	Frekuensi
$u_1 = [-0, 2 : -0, 19]$	1
$u_2 = [-0, 19 : -0, 18]$	0
$u_3 = [-0, 18 : -0, 17]$	0
-	-
-	-
-	-
$u_{35} = [0, 14 : 0, 15]$	0
$u_{36} = [0, 15 : 0, 16]$	0

Tabel 5 menunjukkan rata-rata jumlah residu dari semua interval yaitu 6,27. Dikarenakan interval $u_{10}, u_{12}, u_{13}, u_{15}, u_{16}, u_{18}, u_{19}, u_{20}, u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}, u_{25}, u_{27}$, dan u_{28} memiliki banyak residu atau frekuensi yang lebih besar dari rata-rata, maka interval tersebut akan dipartisi menjadi masing-masing dua interval yang lebih kecil dan sama besar.

Tabel 6. Jumlah Interval Setelah Dipartisi

Interval	Frekuensi	Nilai Tengah
$u_1 = [-0, 2 : -0, 19]$	1	$m_1 = -0, 195$
$u_2 = [-0, 19 : -0, 18]$	0	$m_2 = -0, 185$
$u_3 = [-0, 18 : -0, 17]$	0	$m_3 = -0, 175$
-	-	-
-	-	-
$u_{50} = [0, 10 : 0, 13]$	0	$m_{50} = 0, 145$
$u_{51} = [0, 13 : 0, 16]$	1	$m_{51} = 0, 155$

Tabel 6 menunjukkan hasil dari proses partisi pada interval sebelumnya. Diketahui bahwa setelah proses partisi dilakukan, interval yang sebelumnya berjumlah 36 kemudian bertambah menjadi 51 interval. Tabel 6 kolom 3 menunjukkan nilai tengah dari masing-masing interval. Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan himpunan fuzzy pada semesta pembicaraan dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati.

Tabel 7. Himpunan Fuzzy

Himpunan Fuzzy Interval Residu ARIMA	
$A_1 =$	$\frac{1}{u_1}, \frac{0,5}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \frac{0}{u_6}, \frac{0}{u_7}, \frac{0}{u_8}, \dots, \frac{0}{u_{44}}, \frac{0}{u_{45}}, \frac{0}{u_{46}}, \frac{0}{u_{47}}, \frac{0}{u_{48}}, \frac{0}{u_{49}}, \frac{0}{u_{50}}, \frac{0}{u_{51}}$
$A_2 =$	$\frac{0,5}{u_1}, \frac{1}{u_2}, \frac{0,5}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \frac{0}{u_6}, \frac{0}{u_7}, \frac{0}{u_8}, \dots, \frac{0}{u_{44}}, \frac{0}{u_{45}}, \frac{0}{u_{46}}, \frac{0}{u_{47}}, \frac{0}{u_{48}}, \frac{0}{u_{49}}, \frac{0}{u_{50}}, \frac{0}{u_{51}}$
\vdots	
$A_{50} =$	$\frac{0}{u_1}, \frac{0}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \frac{0}{u_6}, \frac{0}{u_7}, \frac{0}{u_8}, \dots, \frac{0}{u_{44}}, \frac{0}{u_{45}}, \frac{0}{u_{46}}, \frac{0}{u_{47}}, \frac{0}{u_{48}}, \frac{0,5}{u_{49}}, \frac{1}{u_{50}}, \frac{0,5}{u_{51}}$
$A_{51} =$	$\frac{0}{u_1}, \frac{0}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \frac{0}{u_6}, \frac{0}{u_7}, \frac{0}{u_8}, \dots, \frac{0}{u_{44}}, \frac{0}{u_{45}}, \frac{0}{u_{46}}, \frac{0}{u_{47}}, \frac{0}{u_{48}}, \frac{0}{u_{49}}, \frac{0,5}{u_{50}}, \frac{1}{u_{51}}$

Setelah mendefinisikan himpunan fuzzy, langkah selanjutnya adalah melakukan fuzzifikasi. Tabel 8 menunjukkan fuzzifikasi residual ARIMA.

Tabel 8. Fuzzifikasi

Tanggal	Y_t	e_t	Fuzzifikasi
02 Jan 2019	3,73	0,00373	A_{29}
03 Jan 2019	3,74	0,009918	A_{30}
04 Jan 2019	3,71	-0,02917	A_{23}
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
27 Nov 2019	3,88	0,003425	A_{29}
28 Nov 2019	3,82	-0,07282	A_{16}
29 Nov 2019	3,93	0,094105	A_{45}

Pada data yang telah difuzzifikasi dua himpunan fuzzy yang berurutan $A_i(t - 1)$ dan $A_j(t)$ dapat dinyatakan sebagai FLR $A_i \rightarrow A_j$. Berdasarkan Tabel 8 kolom 4, beberapa FLR dari nilai residu ARIMA ditunjukkan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 A_{29} &\rightarrow A_{30} && \cdot && A_{29} &\rightarrow A_{16} \\
 A_{30} &\rightarrow A_{23} && \cdot && A_{16} &\rightarrow A_{45} \\
 A_{23} &\rightarrow A_{35} && \cdot && & \\
 &&& && A_{11} &\rightarrow A_{29}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan FLR yang sudah ditetapkan pada langkah sebelumnya, maka dapat ditentukan FLRG seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kinerja sistem

FLRG Model ARIMA-FTS CHENG
$A_1 \rightarrow A_{36}$
$A_5 \rightarrow A_{21}$
$A_9 \rightarrow A_{44}, A_{38}$
\vdots
\vdots
\vdots
$A_{49} \rightarrow A_{21}$
$A_{51} \rightarrow A_{29}$

Berdasarkan FLRG yang sudah didapatkan seperti pada Tabel 10, maka dapat ditentukan matriks pembobotan ($W(A_i)$) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10. W_i merupakan bobot dari anggota FLRG pada kelompok FLRG $W(A_i)$.

Tabel 10. Matriks Pembobotan Model ARIMA-FTS Cheng

\setminus	A_1	A_5	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	\dots	A_{44}	A_{45}	A_{46}	A_{47}	A_{48}	A_{51}
A_1										\dots						
A_5										\dots						
\vdots										\vdots						
A_{49}										\dots						
A_{51}										\dots						

Berdasarkan matriks bobot pada Tabel 10, maka dapat dihitung matriks bobot terstandarisasinya. Tabel 11 menunjukkan hasil dari perhitungan matriks bobot terstandarisasi.

Tabel 11. Matriks Bobot Terstandarisasi Model ARIMA-FTS Cheng

↖	A_1	A_5	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	...	A_{44}	A_{45}	A_{46}	A_{47}	A_{48}	A_{51}
A_1										...						
A_5										...						
⋮										⋮						
A_{48}										...						1/2
A_{49}										...						
A_{51}										...						

Untuk menghasilkan nilai peramalan, menggunakan Persamaan (4), matriks pembobotan $W(A_i)$ yang telah dinormalisasi menjadi $W_n(A_i)$ diatas kemudian dikalikan dengan matriks defuzifikasi yaitu L_{df} diperoleh hasil ramalan yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai Peramalan FTS Cheng

Tanggal	Y_t	e_t	F_t
02 Jan 2019	3,73	0,00373	-
03 Jan 2019	3,74	0,009918	-0,020385
04 Jan 2019	3,71	-0,02917	0,048125
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
27 Nov 2019	3,88	0,003425	-0,011500
28 Nov 2019	3,82	-0,07282	-0,020385
29 Nov 2019	3,93	0,094105	-0,003750

Selanjutnya adalah melakukan peramalan adaptif. Penelitian ini menggunakan $h = 1$. Selanjutnya nilai peramalan adaptif akan ditetapkan sebagai \hat{N}_t . Hasil perhitungan nilai peramalan adaptif (\hat{N}_t) metode ARIMA-FTS Cheng dengan menggunakan Persamaan (5) ditunjukkan pada Tabel 13 kolom 4.

Tabel 13. Hasil Peramalan Adaptif

Tanggal	Y_t	e_t	\hat{N}_t
02 Jan 2019	3,73	0,00373	-
03 Jan 2019	3,74	0,009918	-0,020385
04 Jan 2019	3,71	-0,02917	0,048125
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
27 Nov 2019	3,88	0,003425	-0,011500
28 Nov 2019	3,82	-0,07282	-0,020385
29 Nov 2019	3,93	0,094105	-0,003750

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai ramalan model hibrida ARIMA-FTS Cheng (\hat{Y}_t) menggunakan Persamaan (6) yaitu dengan cara menjumlahkan nilai ramalan model ARIMA (\hat{L}_t) dan nilai ramalan model FTS Cheng (\hat{N}_t). Tabel 14 menyajikan hasil perhitungan nilai peramalan hibrida dari model ARIMA-FTS Cheng.

Tabel 14. Hasil Peramalan Adaptif

Tanggal	Y_t	\hat{Y}_t
02 Jan 2019	3,73	-
03 Jan 2019	3,74	3,70970
04 Jan 2019	3,71	3,78730
-	-	-
-	-	-
-	-	-
27 Nov 2019	3,88	3,86508
28 Nov 2019	3,82	3,87244
29 Nov 2019	3,93	3,83215

Nilai peramalan hibrida model ARIMA-FTS Cheng pada tanggal 02 Januari 2019 tidak bernilai karena pada peramalan komponen kedua tidak ada nilai yang dapat diramalkan untuk tanggal 02 Januari 2019.

3.3. Ketetapan Peramalan

Akurasi metode peramalan bertujuan untuk mengevaluasi hasil dari prediksi yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini digunakan MAPE sebagai akurasi dari metode peramalan. Hasil perhitungan nilai MAPE dengan menggunakan Persamaan (7) pada data training dan data testing pada model ARIMA dan hibrida ARIMA-FTS Cheng disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Perbandingan Nilai MAPE model ARIMA dan model Hibrida ARIMA-FTS Cheng

Model	MAPE	
	<i>Training</i>	<i>Testing</i>
ARIMA	1,17%	1,42%
Hibrida ARIMA-FTS Cheng	1,03%	1,09%

Tabel 15 menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa model hibrida ARIMA-FTS Cheng menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan model ARIMA pada data testing maupun training. Nilai MAPE model hibrida pada *data training* dan *data testing* < 10% maka dapat disimpulkan bahwa model hibrida ARIMA-FTS Cheng akurat dalam meramalkan harga saham PT Telkom Indonesia. **Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa penelitian ini menguatkan penelitian sebelumnya [6, 8] bahwa metode ARIMA-FTS Cheng dapat memprediksi harga saham PT Telkom Indonesia Tbk.**

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, model ARIMA dan model hibrida ARIMA-FTS Cheng yang diterapkan pada data *closing price* saham PT Telkom Indonesia Tbk tahun 2019 menghasilkan peramalan yang akurat dikarenakan nilai MAPE yang kurang dari 10%. Model hibrida ARIMA-FTS Cheng menghasilkan akurasi peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan model ARIMA pada *data training* dan *testing*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai MAPE dari model hibrida lebih kecil, yaitu sebesar 1,09%, dibandingkan dengan nilai MAPE dari model ARIMA yang sebesar 1,42%. Model hibrida meningkatkan kinerja peramalan dengan memertimbangkan kelebihan dan kelemahan dari masing-masing komponen model hibrida. ARIMA sebagai model pertama, mengatasi pola non-stasioner pada data *closing price* saham PT Telkom Indonesia Tbk tahun 2019, sedangkan FTS Cheng, sebagai model kedua, digunakan untuk mengatasi permasalahan nonlinearitas dalam residu model ARIMA. Hasil penelitian ini dimana model hibrida menghasilkan akurasi peramalan yang lebih baik dibandingkan model tunggal.

5. SARAN

Peneliti selanjutnya disarankan untuk menggunakan lebih banyak model pembanding lainnya. Dalam memperkirakan harga saham, para investor juga diharapkan untuk mempertimbangkan berbagai faktor ekonomi seperti inflasi dan indeks harga konsumen pada saat membeli saham.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret dan LPPM Universitas Sebelas Maret atas dukungan dana melalui Program Penelitian Hibah Grup Riset dengan No Kontrak 228/UN27.22/PT.01.03/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kustodian Sentral Efek Indonesia, "Investor Pasar Modal Tembus 10 Juta," *Publikasi PT Kustodian Sentral Efek Indonesia*, no. November, pp. 1–3, 2022.
- [2] M. I Made Adnyana, S.E., *Dan Portofolio*, 2020.
- [3] L. Olivia, "Tumbuh 1,7%, Laba Telkom (TLKM) Tembus Rp 6,1 Triliun," 2022.

- [4] F. H. Mustapa and M. T. Ismail, “Modelling and forecasting S&P 500 stock prices using hybrid Arima-Garch Model,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1366, no. 1, 2019.
- [5] A. Swaraj, K. Verma, A. Kaur, G. Singh, A. Kumar, and L. Melo de Sales, “Implementation of stacking based ARIMA model for prediction of Covid-19 cases in India,” *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 121, no. August, p. 103887, 2021.
- [6] C. D. Setiawan, W. Sulandari, and Y. Susanti, “Peramalan Harga Saham Pt Unilever Indonesia Menggunakan Metode Hibrida Arima-Neural Network,” *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol. 7, no. 1, 2023.
- [7] I. R. A. Kadry, J. Massalesse, and M. Nur, “Forecasting Inflation In Indonesia Using The Modified Fuzzy Time Series Cheng,” *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, vol. 19, no. 1, 2022.
- [8] N. Setiawati, “Peramalan Harga Penutupan Saham Pt Telkom Indonesia (Persero) Tbk (Idx: Tlkm) Menggunakan Fuzzy Time Series Cheng,” *FMIPA, Universitas Islam Indonesia*, 2020.
- [9] Investing.com, “Telkom Indonesia (Persero) Tbk PT (TLKM),” 2019.
- [10] M. B. Pamungkas, “Aplikasi Metode Arima Box-Jenkins Untuk Meramalkan Kasus Dbd Di Provinsi Jawa Timur,” *The Indonesian Journal of Public Health*, vol. 13, no. 2, p. 183, 2019.
- [11] R. Risma and S. Sahriman, “Perbandingan Estimasi Metode Kuadrat Terkecil Terboboti dan Metode Transformasi Box-Cox Pada Data Heteroskedastisitas,” *ESTIMASI: Journal of Statistics and Its Application*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [12] R. R. Barry and I. Bernarto, “Spurious Regression Analysis on Time Series Data From Factors Affecting Indonesian Human Development Indexs in 1990 2017,” *JMBI UNSRAT (Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis dan Inovasi Universitas Sam Ratulangi)*, vol. 7, no. 3, 2021.
- [13] C. V. M. Sihombing and S. Martha, “Analisis Metode Hybrid ArimaSvr Pada Indeks Harga Saham Gabungan,” *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika . . .*, vol. 11, no. 3, pp. 413–422, 2022.
- [14] H. Hassani and M. R. Yeganegi, “Selecting optimal lag order in LjungBox test,” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 541, 2020.
- [15] E. Dulfitri Eha and Suwanda, “Pemodelan Fuzzy Time Series Cheng untuk Meramalkan Nilai Ekspor Migas di Indonesia,” *Bandung Conference Series: Statistics*, vol. 3, no. 2, 2023.
- [16] L. Fauziah, D. Devianto, and M. Maiyastri, “Peramalan Beban Listrik Jangka Menengah Di Wilayah Teluk Kuantan Dengan Metode Fuzzy Time Series Cheng,” *Jurnal Matematika UNAND*, vol. 8, no. 2, 2019.