

MODEL HIBRIDA AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) DAN FUZZY TIME SERIES (FTS) UNTUK PERAMALAN PRODUKSI KELAPA SAWIT PT. PERKEBUNAN NUSANTARA II

Utari Sri Mayanti¹, Open Darnius², Israil Sitepu³

Universitas Sumatera Utara^{1,2}, Universitas Katolik Santo Thomas³

Email: utarisrimayanti01@gmail.com¹, open@usu.ac.id², israil63@gmail.com³

Abstrak

*Model autoregressive integrated moving average (ARIMA) merupakan model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam pembuatan peramalan. Untuk menghasilkan peramalan dalam jangka pendek yang akurat metode ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen. Peramalan dengan menggunakan model ARIMA masih memiliki kekurangan dengan nilai kesalahan pengukuran yang cukup besar selain itu pada beberapa data *time series* terkadang mengandung pola linier maupun nonlinier sekaligus di dalamnya, maka diperlukan penggabungan model lain untuk meramalkan data non linier yang efektif seperti model *fuzzy*. *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan konsep yang digunakan untuk meramalkan masalah, dimana data aktual diubah menjadi nilai-nilai linguistik. Dengan Hibrida ARIMA dan FTS ditemukan model terbaik dengan Pemodelan Hibrida ARIMA (6,1,4) dan FTS pembobot Cheng dengan nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 0,10615.*

Kata kunci : Produksi Kelapa Sawit, Hibrida ARIMA dan FTS, Peramalan

Abstract

The autoregressive integrated moving average (ARIMA) model is a model that completely ignores independent variables in forecasting. To produce accurate short-term forecasting, the ARIMA method uses past and present values of the dependent variable. Forecasting using the ARIMA model still has drawbacks with a sizeable measurement error value besides that some time series data sometimes contain both linear and nonlinear patterns in it, so it is necessary to combine other models to forecast effective non-linear data such as fuzzy models. Fuzzy Time Series (FTS) is a concept used to predict problems, where actual data is converted into linguistic values. With Hybrid ARIMA and FTS the best model was found with ARIMA Hybrid Modeling (6,1,4) and Cheng weighted FTS with the smallest RMSE value of 0.10615.

Keywords: Oil Palm Production, Hybrid ARIMA and FTS, Forecasting

PENDAHULUAN

Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) atau metode Bob-Jenkins merupakan metode yang menghasilkan ramalan-ramalan berdasarkan sintesis dari pola data secara historis (Arsyad, 1995). ARIMA merupakan model yang menyatakan bahwa terdapat hubungan

linier antara observasi pada waktu sekarang z_t dengan beberapa p observasi sebelumnya $z_{t-1}, z_{t-2}, \dots, z_{t-p}$ dan beberapa q residu sebelumnya $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$. Oleh karena itu, jika terdapat pola nonlinear pada data runtun waktu maka keakuratan ARIMA akan berkurang. Teknik analisis guna mencari pola yang paling cocok dari sekelompok data (*curve fitting*) dapat dilakukan menggunakan metode ARIMA

Fuzzy Time Series (FTS) merupakan metode yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993) dalam bentuk konsep yang digunakan untuk meramalkan masalah, di mana data aktual diubah menjadi nilai-nilai linguistik. FTS adalah proses dinamik dari suatu variabel linguistik yang nilai linguistiknya adalah himpunan fuzzy. Metode FTS telah banyak dikembangkan, diantaranya metode FTS Chen, FTS Cheng, weighted FTS, FTS using percentage change, FTS Sah dan Degtiarev (Kusumadewi dan Purnomo, 2013). Peramalan adalah teknik analisa perhitungan untuk memperkirakan kejadian dimasa yang akan datang menggunakan referensi data-data di masa lalu dengan pendekatan kuantitatif maupun kualitatif. Tujuan peramalan adalah untuk memperkirakan prospek ekonomi dan kegiatan usaha serta pengaruh lingkungan terhadap prospek tersebut. Menurut Heizer dan Render (2009:162).

Astari et al (2019), melakukan penelitian yang berjudul Enhance interval width of crime forecasting with ARIMA model-fuzzy alpha cut dan hasilnya menunjukkan bahwa ARIMA-FAC dengan $\alpha = 0,5$ memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Namun, untuk $\alpha = 0,3$ dan $\alpha = 0,7$ menunjukkan hasil yang tidak mendekati sebenarnya, bahkan kurang dari nilai sebenarnya. Untuk kesalahan pengukuran ARIMA-FAC lebih kecil dibandingkan kesalahan pengukuran pada ARIMA. Peramalan dengan menggunakan model ARIMA masih memiliki kekurangan dengan nilai kesalahan pengukuran yang cukup besar selain itu pada beberapa data *time series* terkadang mengandung pola linier maupun nonlinier sekaligus di dalamnya, maka diperlukan penggabungan model lain untuk meramalkan data non linier yang efektif seperti model *fuzzy*. Oleh karena itu penggabungan ARIMA dengan fuzzy dapat menjadi masukan untuk PTPN II dalam menentukan peramalan produksi kelapa sawit yang akurat.

DASAR TEORI

Time Series

Time Series adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu (Hanke dan Winchern, 2005: 58). Metode time series adalah metode peramalan dengan menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang diperkirakan dengan variabel waktu. Peramalan data time series harus memperhatikan tipe atau pola data. Pada umumnya terdapat empat pola data time series, yaitu horizontal, trend, musiman dan siklis (Hanke dan Winchern, 2005: 158).

Stasioneritas

Stasioneritas menunjukkan bahwa tidak terjadi pertumbuhan dan penurunan data. Menurut Makridakis, 1999 : 61 suatu data dikatakan stasioner bila pola data berada pada kesetimbangan disekitar nilai rata-rata yang konstan dan variansi disekitar rata-rata tersebut konstan dalam waktu tertentu. Time series dikatakan stasioner bila tidak terdapat unsur trend ataupun musiman dalam data serta rata-rata dan variannya tetap.

Differencing

Differencing atau pembeda dilakukan untuk menstasionerkan data nonstasioner. Operator Shift Mundur (backward shift) sangat tepat untuk menggambarkan proses differencing (Makridakis, 1999: 383). Penggunaan backward shift adalah sebagai berikut

$$BX_t = X_{t-1} \quad (1)$$

dengan

X_t = nilai variabel X pada waktu t
 X_{t-1} = nilai variabel X pada waktu t-1
 B = backward shift

Model Auto Regressive Integrated Moving Average

Model ARIMA merupakan model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam pembuatan peramalan. Metode ARIMA berguna untuk menentukan hubungan statistik yang baik antar variabel yang diramal dengan nilai historis variabel tersebut sehingga peramalan dapat dilakukan dengan model tersebut. Bentuk umum persamaan model ARIMA dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \mu' + \theta_q(B)\alpha_t \quad (2)$$

Dengan $\phi_p(B)$ merupakan komponen AR orde p dan $\theta_q(B)$ merupakan komponen MA orde q .

Model Fuzzy

Logika fuzzy atau dalam istilah bahasa inggris disebut *fuzzy logic* merupakan bentuk logika bernilai banyak yang memiliki nilai kebenaran variabel dalam bilangan real antara 0 dan 1. Logika fuzzy dikembangkan berdasarkan bahasa manusia (bahasa alami). Tujuannya untuk menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (*significance*). Logika fuzzy umumnya diterapkan pada masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), ketidaktepatan (*imprecise*), noisy, dan sebagainya.

Pembobot Chen dan Cheng

Misalkan nilai ramalan dari $F(t)$ adalah $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ maka pembobot dari $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ adalah w'_1, w'_2, \dots, w'_k , dengan $w'_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^k w_i}, w_i = 1$, untuk $i = 1, 2, \dots, k$ sehingga matriks pembobot Chen dapat ditulis

$$W(t) = (w'_1, w'_2, \dots, w'_k) = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i}, \dots, \frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i} \right) \quad (3)$$

Misalkan FLR berbentuk $A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1$ maka FLRG berbentuk $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_1, A_3, A_1$ sehingga nilai pembobot dari w_1 adalah 1 (RHS dari A_1 yang pertama), w_2 adalah 1 (RHS dari A_2 yang pertama), w_3 adalah 2 (RHS dari A_1 yang kedua), w_4 adalah 1 (RHS dari A_3 yang pertama), w_5 adalah 3 (RHS dari A_1 yang ketiga). Jadi, matriks pembobot Cheng dapat ditulis

$$W(t) = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^5 w_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^5 w_i}, \frac{2}{\sum_{i=1}^5 w_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^5 w_i}, \frac{3}{\sum_{i=1}^5 w_i} \right) \quad (4)$$

Menentukan model FTS metode Chen

$$\hat{\varepsilon}(t) = M(t) \times W(t)^T \quad (5)$$

Dengan $M(t)$ adalah matriks defuzzifikasi masing-masing metode pada waktu t dan $W(t)^T$ adalah *transpose* dari matriks pembobot masing-masing metode dalam waktu t

Menentukan model FTS metode Cheng menggunakan adaptive expectation, yaitu

$$\hat{\varepsilon}_a(t) = \varepsilon_{t-1} + h(M(t-1) \times W(t-1)^T - \varepsilon_{t-1}) \quad (6)$$

Dengan $\hat{\varepsilon}_a(t)$ adalah model peramalan *adaptive* pada waktu t, ε_{t-1} adalah residu pada waktu $t-1$, dan menurut tauryawati (2012) h adalah parameter pembobot dengan nilai h berkisar [0,001-1].

Membentuk model hibrida ARIMA dan FTS

Menggabungkan model ARIMA yang ada di langkah pertama dan model FTS yang ada di langkah kedua. Model hibrida ARIMA dan FTS metode Chen adalah

$$(1 - B)^d z_t = \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + M(t) \times W(t)^T + \varepsilon_t \quad (7)$$

Sedangkan model hibrida ARIMA dan FTS metode Cheng adalah

$$(1 - B)^d z_t = \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_{t-1} + h(M(t-1) \times W(t-1)^T - \varepsilon_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (8)$$

Pemilihan Model Terbaik

Menurut Makridakis, *at. al.* [31] salah satu ukuran kesalahan dalam peramalan adalah nilai tengah akar kuadrat atau *Root Mean Square Error (RMSE)*. Nilai *RMSE* rendah menghasilkan variasi nilai dari suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model,i})^2}$$

X_{obs} Adalah nilai sebenarnya dan X_{model} adalah nilai peramalan pada waktu i

Metode Penelitian

Data yang digunakan sebagai studi kasus dalam penelitian ini berupa data sekunder dari hasil Produksi Tandan Buah Segar perkebunan kelapa sawit di PT. Perkebunan Nusantara II mulai tahun 2015 sampai dengan 2020. Residu dari model ARIMA akan dimodelkan dengan Fuzzy Time Series dengan pembobot Chen dan Cheng. Pemilihan model terbaik menggunakan nilai RMSE.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat lunak (*software*) SPSS untuk menemukan model ARIMA dan Microsoft Excel untuk memodelkan residu dengan model Fuzzy Time Series serta untuk menghitung nilai RMSE (Root Mean Square Error) antara output Fuzzy Time Series dengan pembobot Chen dan Cheng.

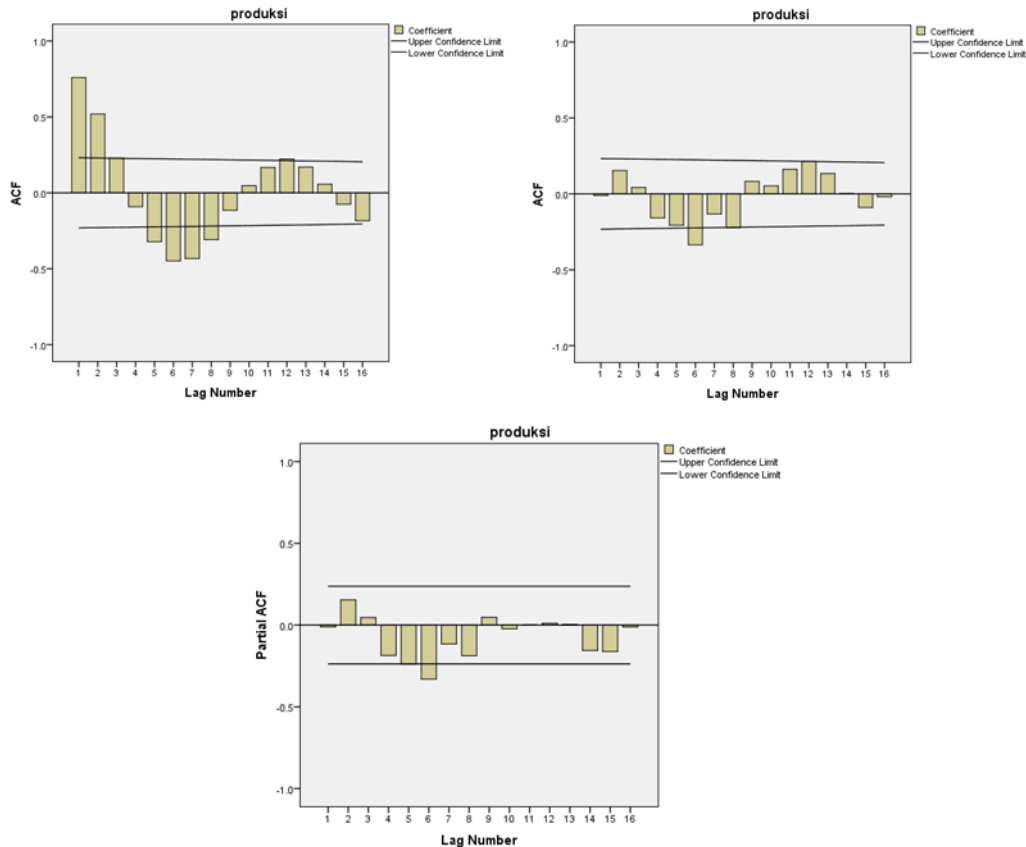
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kestasioneran Data

Dalam pemodelan ARIMA, data time series harus memenuhi asumsi stasioner terhadap rata-rata dan variansi agar kesalahan nilai ramalan dapat diminimumkan. Plot ACF dapat digunakan untuk mengidentifikasi kestasioneran data terhadap rata-rata. Berdasarkan gambar (1), terlihat bahwa lag pada plot ACF turun perlahan-lahan mendekati nol yang berarti data tidak stasioner terhadap rata-rata sehingga perlu dilakukan pembedaan agar asumsi kestasioneran dari data time series dipenuhi.

Identifikasi Model ARIMA

Untuk mengidentifikasi model ARIMA dapat menggunakan plot ACF dan PACF sesuai ketentuan pada tabel. Plot PACF data produksi kelapa sawit PTPN II setelah dideferensialkan orde satu disajikan pada gambar



Dari hasil pengolahan data produksi kelapa sawit melalui program SPSS dan berdasarkan plot ACF dan PACF data diperoleh beberapa kemungkinan model ARIMA dan nilai estimasi parameter dari setiap model. Dari model ARIMA yang telah didapatkan ditentukan signifikansi melalui t-tabel untuk menentukan model yang dapat digunakan. Melalui t-tabel ditemukan bahwa model ARIMA yang signifikan adalah ARIMA (5,1,1), ARIMA (5,1,2), ARIMA (5,1,3), ARIMA (5,1,4), ARIMA (6,1,3), ARIMA (6,1,4), ARIMA (6,1,5), dan ARIMA (6,1,6).

Uji Diagnostik

Setelah menemukan model ARIMA dengan parameter signifikan, kemudian dilakukan uji normalitas dan independen pada residu (*white noise*). Uji independen (*white noise*) residu menggunakan Ljung Box dan menggunakan pendekatan Chi-Square menunjukkan bahwa error pada plot ACF signifikan karena tidak ada *lag number error* yang melewati *Upper and Lower confidence limit* hal ini menunjukkan bahwa residu independen (*white noise*).

Pemodelan *Fuzzy Time Series* (FTS)

Pemodelan *Fuzzy Time Series* (FTS) dilakukan pada residu dari model ARIMA (5,1,1), (5,1,2), (5,1,3), (5,1,4), (6,1,3), (6,1,4), (6,1,5), (6,1,6). Pemodelan FTS dimulai dengan menentukan nilai terkecil dan terbesar dari residu untuk menentukan himpunan semesta U dan subinterval dari U . Kemudian, dipilih dua bilangan positif agar U dapat dibagi menjadi n subinterval yang sama panjang yaitu D_1 dan D_2 . Dengan menggunakan aturan *sturges*, U dibagi menjadi beberapa subinterval yang sama panjang. Setelah itu, ditentukan nilai keanggotaan u_i yang merupakan batas atas dan batas bawah setiap kelas dan menemukan nilai tengah dari setiap kelas.

Lakukan fuzzifikasi residu data produksi dengan mengubah nilai residu menjadi himpunan fuzzy yang sesuai. Setelah itu, dibentuk LH yaitu batas kiri yang dimulai dari fuzzifikasi kedua dan RH yaitu batas kanan dimulai dari fuzzifikasi ketiga. Setelah itu, menentukan FLR (*Fuzzy Logic Relations*) berdasarkan nilai fuzzifikasi sebelumnya dimana nilai A_i adalah tahun t dan A_j adalah tahun $t+1$ pada data time series. Untuk mengetahui relasi fuzzy logic ini melalui LH dan RH yaitu dengan $LH \rightarrow RH$. Kemudian, dibentuk FLRG dengan dan tanpa pengulangan pada RHS yang sama sesuai dengan Definisi. Nilai FLR, LH, RH dan FLRG untuk data pertama kosong karena data A_i berelasi dengan data A_{i-1} . Sehingga data kedua berelasi dengan data pertama begitu seterusnya.

Setelah mengetahui FLRG, dibuat pivot tabel untuk mengelompokkan LH dan RH. Kemudian menentukan tabel *Current State* dan *Next State* yang merupakan penjelasan dari hasil pengelompokkan untuk LH dan RH. Untuk tabel *Current State* diawali dari A_1 sampai dengan jumlah kelas yaitu 7, maka akan sampai A_7 . Kemudian, pada tabel *Next State* diperoleh dari hubungan pada tabel *Current State* dimana A_2 dan A_4 memiliki hubungan dengan A_1 berjumlah 2 dan seterusnya.

Table 1 Pivot tabel model ARIMA (5,1,1)

kelas	nilai tengah	current state	next state	total	prediksi model chen	prediksi model cheng
1	-0.3345674	A_1	A_4, A_6	2	0.015029143	0.015029143
2	-0.2471682	A_2		0	0	0
3	-0.1597691	A_3	A_5, A_6, A_7	7	0.102428286	0.102428286
4	-0.07237	A_4	A_3, A_4, A_5, A_6, A_7	18	0.015029143	-0.009248397
5	0.0150291	A_5	$A_1, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$	19	-0.043236952	0.007388094
6	0.1024282	A_6	A_3, A_4, A_5, A_6, A_7	15	0.015029143	0.020855752
7	0.1898274	A_7	A_3, A_4, A_5, A_6, A_7	9	0.015029143	-0.004392889

Setelah itu, dilakukan peramalan chen dengan cara mencari rata-rata dari nilai tengah yang sesuai dengan *Next State*. Misalkan pada next state A_2 dan A_4 memiliki hubungan dengan A_1 maka nilai prediksi chen ditentukan dari rata-rata antara nilai tengah A_2 dan A_4 . Setelah menemukan nilai prediksi chen dari setiap current state, nilai prediksi dimasukkan pada masing-masing variabel. Peramalan Cheng dilakukan dengan cara mengalikan nilai dari setiap current state dengan label yang muncul kemudian menjumlahkan sesuai jumlah LH dan RH. Kemudian, nilai prediksi dimasukkan kedalam variabel masing-masing sesuai dengan fuzzifikasinya.

Model Hibrida ARIMA dan FTS

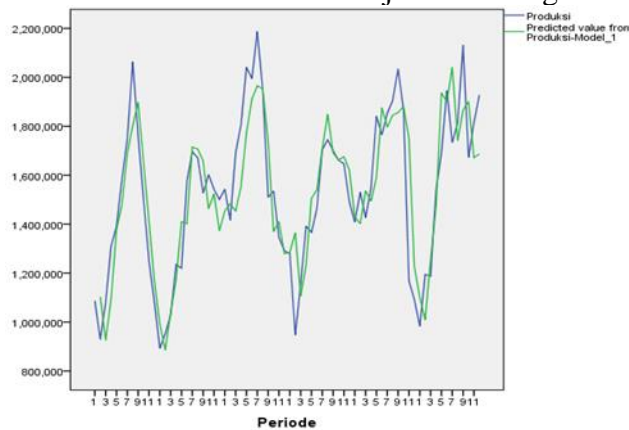
Perbandingan keakuratan model hibrida ARIMA dan FTS dengan model tunggal ARIMA berdasarkan kriteria RMSE menunjukkan bahwa model yang memiliki RMSE terkecil adalah model hibrida ARIMA (6,1,4) dan FTS pembobot Cheng sebesar 0,10615 memperlihatkan bahwa rata-rata nilai kesalahan tiap waktu untuk meramalkan jumlah produksi TBS kelapa sawit PTPN II wilayah perkebunan Melati adalah 0,10615 ton atau 106,15 kg dengan prediksi ARIMA (6,1,4) sebagai berikut.

Table 2 Hasil prediksi ARIMA (6,1,4)

Januari	1102559	885874	1483529	1364897	1401623	1008987
---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------

Februari	926024	1039721	1452974	1106526	1535595	1256283
Maret	1093789	1172268	1555315	1231236	1494506	1468261
April	1378165	1409565	1773366	1505652	1591690	1936733
Mei	1478725	1401806	1910859	1539594	1876379	1899639
Juni	1690152	1715233	1965828	1710396	1796287	2040563
Juli	1802137	1707022	1952583	1849767	1845739	1740596
Agustus	1897750	1657986	1738972	1690904	1855999	1866112
September	1651528	1462988	1368950	1662771	1881362	1901045
Oktober	1411306	1524011	1410261	1675675	1749406	1671905
November	1167435	1372593	1279509	1619890	1227127	1686763
Desember	992770	1454195	1285079	1430445	1100063	1008987

Perbandingan nilai ramalan model hibrida ARIMA (6,1,4) dan FTS orde pertama pembobot Cheng dan nilai sebenarnya jumlah produksi TBS pada perkebunan kelapa sawit PT. Perekebunan Nusantara II periode 2015-2019 dalam satuan ton disajikan dalam gambar



Secara teoritis, model hibrida ARIMA (6,1,4) dan FTS pembobot Cheng baik digunakan untuk meramalkan data jumlah produksi TBS pada perkebunan Kelapa sawit PTPN II karena memenuhi asumsi-asumsi yang diperlukan untuk memodelkan data Time Series.

KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi permasalahan dan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa setelah memenuhi model ARIMA dan uji diagnostik serta pemodelan residu dengan *Fuzzy Time Series*, maka model peramalan data panel yang lebih sesuai untuk Produksi Kelapa Sawit di PTPN II dari tahun 2015-2020 adalah hibrida ARIMA dan FTS pembobot Cheng. Model terbaik untuk peramalan jumlah produksi kelapa sawit di PTPN II adalah menggunakan Pemodelan Hibrida ARIMA (6,1,4) dan FTS pembobot Cheng dengan nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 0,10615 yang menunjukkan bahwa rata-rata nilai kesalahan tiap waktu untuk meramalkan jumlah produksi TBS kelapa sawit PTPN II wilayah perkebunan Melati adalah 0,10615 ton atau 106,15 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Astari Retnowardhani and yaya Sudarya Triana. 2019. Enhance Interval Width of Crime Forecasting with ARIMA Model-Fuzzy Alpha Cut. *TELKOMNIKA*, Vol. 17, No. 3, June 2019, pp. 1193-1201

- [2]. Firmansyah. 2000. Peramalan Inflasi dengan Metode Bob-Jenkins (ARIMA). *Media Ekonomi dan Bisnis*. Vol. XII No. 2 Desember 2000
- [3]. Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Edisi 1. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [4]. Makridakis, S. et al. 1982. The Accuracy of Extrapolative (Time Series Methods). Results of a Forecasting Competition. *Journal of Forecasting*, Vol. 1, No. 2, pp. 111-153
- [5]. Noor Maizura, Astari Retnowardhani, Mohd Lazim, and Md Yazid. 2013. Crime Forecasting using ARIMA Model and Fuzzy Alpha-cut. *Journal of Applied Sciences* 13(1): 167-172, 2013
- [6]. Q. Song and B. S. Chissom. 1993. Forecasting enrollments with fuzzy time series part I. *fuzzy sets and systems*. Vol. 54. No. 1.
- [7]. Riduwan dan Sunarto. 2007. *Pengantar Statistika*. Bandung : Alvabeta
- [8]. Yousif Alyousifi, Mahmod Othman, Abdullah Husin, Upaka Rathnayake. 2021. A new Hybrid Fuzzy Time Series Model with An Application to Predict PM₁₀ Concentration. *Ecotoxiology and Environmental Safety* 227 (2021) 112875