

Pemodelan Produksi Tebu Menggunakan Metode *Single Moving Average* dan *Exponential Smoothing Holt-Winters*

Ghiffaroh Fudllayati¹, Moh. Hafiyusholeh², Tria Mistikawita³

¹Universitas Islam Sunan Ampel Surabaya, ghifah@gmail.com

²Universitas Islam Sunan Ampel Surabaya, hafiyusholeh@uinsby.ac.id

³Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, tria.wita@bps.go.id

Abstrak: Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok rakyat Indonesia, akan tetapi produksi gula saat ini belum mampu mencukupi kebutuhan rakyat Indonesia. Kabupaten Jombang merupakan salah satu sentra produksi tebu yang ada di Provinsi Jawa Timur, yaitu menempati urutan keempat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil ramalan produksi tebu di Kabupaten Jombang untuk tahun berikutnya dengan menggunakan metode *Single Moving Average* dan *Exponential Smoothing Holt-Winters* model *multiplicative*. Data yang digunakan yaitu data historis produksi tebu pada 12 tahun terakhir dihitung dari tahun 2008 hingga 2019. Digunakan nilai MAPE untuk mengukur ketepatan model dari hasil MAPE terendah. Dimana MAPE merupakan ukuran ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui presentase error pada hasil peramalan. Berdasarkan hasil penelitian mengenai peramalan produksi tebu di Kabupaten Jombang dengan metode *Single Moving Average* $N = 2$ dan $N = 3$ diperoleh model terbaik dengan nilai $N = 2$. dengan nilai MAPE yaitu 23,15%. Sedangkan menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* model *Multiplicative* dengan nilai parameter $\alpha = 0,995$, $\beta = 0,0001$, dan $\gamma = 0,099$, menghasilkan nilai MAPE yaitu sebesar 18,19%. Sehingga metode dengan model terbaiknya adalah dengan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters*

Kata kunci: *produksi tebu, single moving average, exponential smoothing holt-winters, MAPE*

Abstract: Sugar is one of the basic needs of the people of Indonesia, but the current sugar production has not been able to meet the needs of the people of Indonesia. Jombang Regency is one of the sugarcane production centers in East Java Province, which ranks fourth. This study aims to compare the results of sugarcane forecast in Jombang for the following year. Here using the *Single Moving Average* and *Exponential Smoothing Holt-Winters* multiplicative models. The data used are historical data on sugarcane production in the last 12 years calculated from 2008 to 2019. MAPE values are used to measure the accuracy of the model from the lowest MAPE results. Where MAPE is a measure of relative accuracy used to determine the percentage error in forecasting results. Based on the results, sugarcane production forecasting in Jombang with the *Single Moving Average* method, namely $N = 2$ and $N = 3$ obtained the best model with a value of $N = 2$. with a MAPE value of 23.15%. While using the *Exponential Smoothing Holt-Winters Multiplicative* model with $\alpha = 0.995$, $\beta = 0.0001$, and $\gamma = 0.099$, the MAPE value is 18.19%. So the method with the best model is the *Exponential Smoothing Holt-Winters* method.

Keywords: *sugarcane production, single moving average, exponential smoothing holt-winters, MAPE*

1. Pendahuluan

Gula merupakan komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia. Upaya pengembangan industri gula sangat tergantung akan ketersediaan bahan baku yaitu tebu sebagai bahan baku utama. Tebu merupakan tanaman dari salah satu komoditas tanaman yang dikembangkan dalam kawasan perkebunan dan menghasilkan produk akhir gula dan tetes [1]. Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok rakyat Indonesia, akan tetapi produksi gula saat ini belum mampu mencukupi kebutuhan rakyat Indonesia. Target pencapaian swasembada gula nasional pada tahun 2014 mengharuskan pemerintah untuk meningkatkan produksi dan produktivitas tebu [2].

Produksi tebu berasal dari 477.123 Ha luas panen perkebunan tebu yang berada di Daerah Sumatra Utara, Gorontalo, Lampung, Sumatra Selatan, Jawa Barat, DI Yogyakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan. Sentra produksi tebu di Indonesia rata-rata pada tahun 2012-2016 adalah Provinsi Jawa Timur dengan rata-rata produksi mencapai 1.283.810 ton atau 49,14% produksi tebu nasional [3].

Kabupaten Jombang merupakan salah satu sentra produksi tebu yang ada di Provinsi Jawa Timur, yaitu menempati urutan keempat. Produktivitas tanaman tebu dipengaruhi oleh berbagai faktor, tidak hanya dalam budidaya tanaman tebu. Kabupaten Jombang dalam tingkat produksi tanaman tebu pada tahun 2013 ke tahun 2014 mengalami penurunan produksi sebesar 20.300 ton dari total produksi sebesar 78.049 ton menjadi 57.749 ton. Produksi tebu mengalami penurunan dikarenakan cuaca yang kurang baik beberapa belakangan ini, sehingga membuat produksi tidak bisa maksimal [1].

Selain itu, kebutuhan terhadap gula semakin lama semakin meningkat. Gula sering digunakan pada industri makanan dan minuman, industri pengolahan dan pengawetan makanan. Kebutuhan gula meningkat didukung oleh gaya hidup masyarakat Indonesia terutama dalam kehidupan sehari-hari. Kebiasaan tersebut mempengaruhi ketersediaan gula, sehingga produsen gula menambah kualitas produksinya. Untuk melakukan produksi maka diperlukan perencanaan produksi yang meliputi penentuan jumlah produksi yang dibutuhkan, kapan produk tersebut terselesaikan. Perencanaan produksi dapat dilakukan dengan cara peramalan atau prediksi. Peramalan yang akurat dan efektif dapat mempermudah pengambilan keputusan perusahaan dalam menentukan jumlah tebu yang akan diproduksi [4]. Beberapa metode yang dapat digunakan antara lain, *single moving average* dan *exponential smoothing* [5], *holt-winters* [6], *ARIMA* [7], algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* [4], dan lain sebagainya.

Pada penelitian sebelumnya, Pramayudha [8] melakukan penelitian tentang prediksi hasil panen tanaman pangan dengan metode *single moving average*. Diperoleh hasil dari peramalan yaitu dengan nilai MAPE dari *single moving average 2* sebesar 2,28%, sedangkan dari *single moving average 3* diperoleh MAPE sebesar 2,92%. Jatmiko, Rahayu, dan Darmawan pada tahun 2012 juga melakukan penelitian tentang peramalan produksi bawang merah menggunakan metode *holt-winters*. Berdasarkan fenomena data produksi bawang merah Indonesia dapat disimpulkan bahwa data produksi bawang merah Indonesia merupakan data musiman dengan periode 12. Hasil *trial* dan *error* menghasilkan *window length* = 39. Hasil MAPE menunjukkan bahwa metode *holt-winters* menghasilkan peramalan dengan kategori akurat [9].

Berdasarkan uraian di atas, sebagai permasalahan produksi tebu ini bersifat musiman dan ada kecenderungan, maka peneliti tertarik untuk mengkaji peramalan produksi tebu dengan menggunakan metode *Single Moving Average* dan *Exponential Smoothing Holt-Winters*. Dalam hal ini peneliti fokus pada hasil ramalan produksi tebu untuk periode selanjutnya. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode terbaik dalam menghitung prediksi hasil produksi tebu di Kabupaten Jombang.

2. Kajian Pustaka

2.1 Produktivitas Tebu di Kabupaten Jombang

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman jenis rumput-rumputan yang dimanfaatkan air dari batangnya untuk bahan baku gula dan vetsin. Tanaman ini hanya tumbuh di daerah tropis, tanah yang dibutuhkan untuk berkembang yaitu alluvial, grumosol, latosol dan regusol dengan ketinggian 0-600 m dpl [3].

Tebu biasanya ditanam pada akhir musim kemarau setelah panen padi musim hujan. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap mutu tebu khususnya kondisi lahan dan curah hujan. Tanaman tebu membutuhkan banyak air pada masa vegetatif dan membutuhkan lingkungan yang kering pada saat proses pemasakannya. Apabila masa tanam tidak sesuai dengan jadwal tanam yang telah direncanakan, maka kemungkinan akan terjadi resiko keterlambatan tebang atau tebang lebih awal [10].

Jawa Timur merupakan wilayah penghasil gula kristal putih terbesar di Indonesia. Produksi gula di Jawa Timur dalam kurun waktu tahun 2012-2016 secara rata-rata mencapai 1,28 juta ton per tahun. Produksi ini tersebar hampir di seluruh kabupaten/kota, namun lima kabupaten dengan produksi tebu terbesar di Jawa Timur adalah Kab. Malang, Kab. Kediri, Kab. Lumajang, Kab. Jombang, dan Kab. Mojokerto.

Kabupaten Jombang dengan produksi 57.749 ton atau 4,58% dari produksi tebu di Provinsi Jawa Timur. Pada tahun 2011, Kabupaten Jombang dengan total produksi tebu sebesar 64.324 ton. Produksi tebu pada tahun 2012 mengalami kenaikan produksi menjadi 77.929 ton, sedangkan pada tahun 2013-2014 produksi tebu di Kabupaten Jombang mengalami penurunan [11].

2.2 Analisis Deret Waktu (*Time Series*)

Peramalan adalah memperkirakan besarnya atau jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara alamiah khususnya menggunakan metode statistika. Peramalan biasanya dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian terhadap sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang [12].

Membuat peramalan diupayakan supaya pengaruh ketidakpastian dapat diminimumkan, dengan kata lain ramalan bertujuan untuk menemukan model terbaik dengan data historis. Namun, ketidakpastian pengumpulan data akan terjadi karena kesalahan yang disebabkan *time lag* dan pengaruh antar variabel [13].

Analisis deret waktu merupakan peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu [12]. Ciri-ciri analisis runtun waktu yang menonjol adalah bahwa deretan observasi dalam suatu variabel dipandang sebagai realisasi dari variabel random yang berdistribusi sama. Pola data dapat historis yang dimiliki dapat berpola horizontal (acak), *trend*, musiman maupun siklis [14].

2.3 Metode *Single Moving Average*

Metode rata-rata bergerak tunggal merupakan sejumlah data aktual permintaan yang baru untuk membangkitkan nilai ramalan untuk permintaan dimasa yang akan datang. Secara sistematis rumus *single moving average* adalah [15]:

$$F_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}}{N} \quad (1)$$

Dimana

F_{t+1} = ramalan untuk periode t+1

X_t = nilai riil periode ke-t

N = banyaknya periode dalam rata-rata bergerak

2.4 Metode Exponential Smoothing Holt-Winters

Metode *holt-winters* merupakan metode yang dapat menangani faktor musiman dan unsur kecenderungan yang muncul secara sekaligus pada sebuah deret waktu. Metode ini didasarkan atas tiga unsur stasioner, unsur kecenderungan dan musiman untuk setiap periode dan memberikan tiga pembobotan dalam produksinya, yaitu α , β , dan γ [12]. Terdapat dua macam metode *holt-winters* antara lain :

2.4.1 Metode Holt-Winters Multiplicative

Metode *holt-winters* didasarkan pada tiga persamaan pemulusan, yakni persamaan pemulusan keseluruhan, pemulusan trend, dan persamaan pemulusan musiman. Persamaan yang digunakan dalam model multiplikatif *holt-winters*, yaitu:

a. Pemulusan eksponensial level

$$L_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

b. Pemulusan pola trend

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (3)$$

c. Pemulusan pola musiman

$$S_t = \gamma \frac{X_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad (4)$$

d. Ramalan m periode ke depan

$$F_{t+m} = (L_t + m * T_t) S_{t-s+m} \quad (5)$$

Untuk menentukan nilai estimasi awal dari musiman, kita perlu menggunakan setidaknya satu musim data (yaitu sebanyak s periode) [16].

Nilai awal untuk level pemulusan eksponensial :

$$L_s = \frac{1}{s} (X_1 + X_2 + \dots + X_s) \quad (6)$$

Nilai awal untuk pemulusan trend:

$$T_s = \frac{1}{s} \left(\frac{X_{s+1} - X_1}{s} + \frac{X_{s+2} - X_2}{s} + \dots + \frac{X_{s+s} - X_s}{s} \right) \quad (7)$$

Nilai awal untuk musiman:

$$S_1 = \frac{X_1}{L_s}, S_2 = \frac{X_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{X_s}{L_s} \quad (8)$$

2.4.2 Metode Holt-Winters Additive

Karakteristik dari metode *holt-winters* additif adalah ukuran dari fruktusasi musiman bersifat tetap dan tergantung pada pemulusan keseluruhan dari deret waktu. Persamaan yang digunakan pada metode *holt-winters* additif adalah sebagai berikut:

a. Pemulusan eksponensial level

$$L_t = \alpha(X_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

b. Pemulusan pola trend

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (10)$$

c. Pemulusan pola musiman

$$S_t = \gamma(X_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-s} \tag{11}$$

d. Ramalan m periode ke depan

$$F_{t+m} = L_t + T_t * m + S_{t-s+m} \tag{12}$$

Untuk menentukan estimasi awal dari musiman, sama halnya dengan yang additif hanya saja berbeda pada rumus nilai awal musimannya yaitu [17]:

$$S_i = X_i - L_s; i = 1, 2, \dots, s \tag{13}$$

2.5 Ketepatan Metode

Ketepatan ramalan adalah suatu hal yang mendasar dalam peramalan, yaitu bagaimana mengukur kesesuaian suatu metode peramalan tertentu untuk kumpulan data yang diberikan. Adapun cara yang sering digunakan dalam mengevaluasi hasil peramalan yaitu dengan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan rumus [18]:

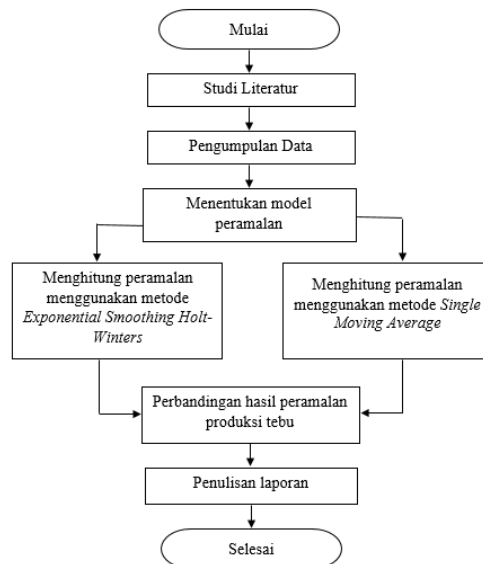
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{n} \times 100\% \tag{14}$$

Nilai MAPE yang dihasilkan dapat menunjukkan kemampuan peramalan seperti dinyatakan pada tabel 1 berikut [16]:

Tabel 1. Evaluasi Nilai MAPE

MAPE	Pengertian
< 10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10% - 20%	Kemampuan peramalan baik
20% - 50%	Kemampuan peramalan cukup
>50%	Kemampuan peramalan buruk

3. Metode Penelitian



Gambar 1. Tahapan penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian dengan pendekatan kuantitatif menekankan analisisnya pada angka-angka. Data

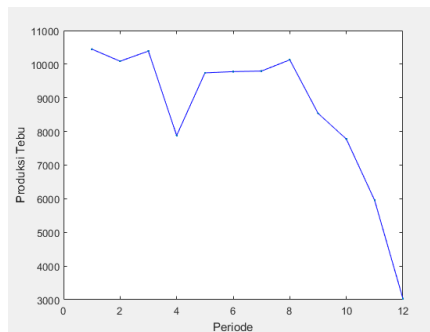
ini berupa laporan historis yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jombang berupa data produksi tebu selama 12 tahun terakhir, dihitung sejak tahun 2008 sampai 2019. Adapun langkah-langkah dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

Gambar 1 merupakan langkah yang dilakukan peneliti dalam melakukan penelitian ini. Dengan langkah awal penelitian menganalisis data terlebih dahulu setelah pengumpulan data diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Data

Berdasarkan data yang ada, setelah data produksi diplotkan produksi tebu memiliki pola data musiman dan *trend* (menurun). Berikut hasil plot data produksi tebu di Kabupaten Jombang pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Plot data produksi tebu di Kabupaten Jombang

Gambar 2 merupakan plot data produksi tebu di Kabupaten Jombang. Sumbu x menunjukkan periode (tahunan) dari tahun 2008 sampai 2018. Sedangkan sumbu y menunjukkan hasil produksi tebu di Kabupaten Jombang. Dapat dilihat dari pola produksi tebu tersebut menunjukkan pola data yang cenderung menurun, sehingga peramalan produksi tebu menggunakan metode *Single Moving Average* dan *Exponential Smoothing Holt-Winters*. Pada metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* digunakan model multiplikatif.

a. Hasil Peramalan dari Metode *Single Moving Average*

Metode ini dihitung dengan cara setiap diperoleh data aktual baru, maka rata-rata yang baru dapat dihitung dengan mengeluarkan data periode yang lama dan memasukkan data periode yang terbaru. Rata-rata yang baru digunakan sebagai perkiraan untuk periode yang akan datang. Berikut hasil peramalan periode ke-13 pada produksi tebu.

$$F_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N} = \frac{\sum_{i=t-N+1}^{t+1} X_i}{N}$$

Ramalan produksi tebu disini mencari nilai N yang tepat untuk mendapatkan nilai kesalahan yang kecil. Disini akan menggunakan nilai N = 2 dan N = 3 untuk mengetahui kesalahannya lebih kecil.

- Untuk N = 2

Setelah diperoleh hasil ramalan untuk periode ke-2 sampai periode ke-12, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai prediksi tebu menggunakan model *Single Moving Average*. Hasil ramalan untuk periode ke-13 adalah sebagai berikut :

$$F_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N}$$

$$F_{12+1} = \frac{X_{12} + X_{12-1}}{2}$$

$$F_{13} = \frac{3032 + 5954,56}{2}$$

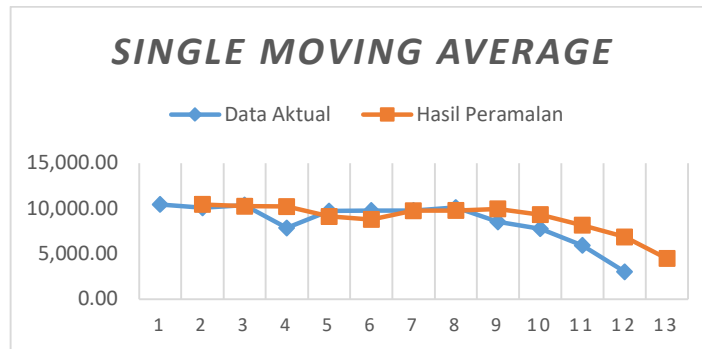
$$= 4493,28$$

Berdasarkan hasil peramalan produksi tebu menggunakan metode *single moving average*, dapat ditunjukkan nilai keakuratan pada peramalan sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|$$

$$= \left(\frac{100\%}{11}\right) (2,55)$$

$$= 23,15\%$$



Gambar 3. Perbandingan data aktual dan ramalan dengan N = 2

- Untuk N = 3

Setelah diperoleh hasil ramalan periode ke-3 sampai periode ke -12, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai prediksi untuk periode ke-13. Hasil ramalan untuk periode ke-13 adalah sebagai berikut :

$$F_{t+1} = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-N+1}}{N}$$

$$F_{12+1} = \frac{X_{12} + X_{12-1} + X_{12-2}}{3}$$

$$F_{13} = \frac{3032 + 5954,56 + 7773,92}{3}$$

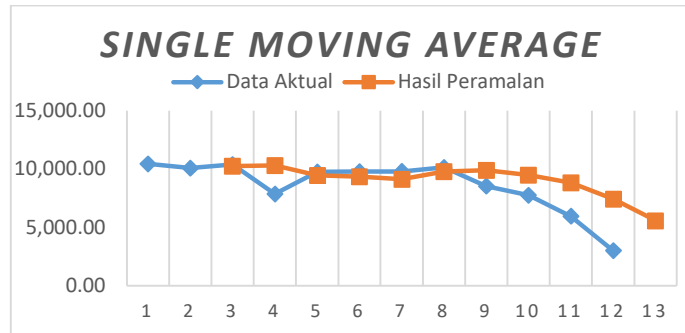
$$= 5586,83$$

Berdasarkan hasil prediksi menggunakan *Single Moving Average* dapat ditunjukkan nilai keakuratan pada ramalan sebagai berikut :

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|$$

$$= \left(\frac{100\%}{10}\right) (2,81)$$

$$= 28,06\%$$



Gambar 4. Perbandingan data aktual dan ramalan dengan nilai $N = 3$

b. Hasil Peramalan dari Metode *Exponential Smoothing Holt-Winters*

Langkah awal yang dilakukan untuk memprediksi menggunakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* adalah menentukan nilai awal pemulusan, maka diperlukan nilai panjang satu musim (s). Karena pada penelitian ini data yang digunakan adalah data per tahun, maka $s = 1$.

- Level

Karena nilai awal sebelumnya belum ada, maka untuk $L_1 = X_1$ yaitu $L_1 = 10448,66$.

- Trend

$$T_s = \frac{1}{s} \left(\frac{X_{s+1} - X_1}{s} + \frac{X_{s+2} - X_2}{s} + \dots + \frac{X_{s+s} - X_s}{s} \right)$$

$$T_1 = \frac{1}{1} \left(\frac{10088,56 - 10448,66}{1} \right)$$

$$T_1 = -360,10$$

- Musiman

$$S_1 = \frac{10448,66}{10448,66} = 1$$

Setelah memperoleh nilai awal, maka tahapan selanjutnya mencari nilai pemulusan untuk data level, *trend* dan musiman. Dengan menggunakan cara *trial* dan *error*, selanjutnya dapat menduga nilai parameter yang dapat meminimumkan kesalahan. Dimana nilai parameter α , β , dan γ lebih dari 0 dan kurang dari 1. Untuk Kabupaten Jombang disini nilai parameter optimal adalah $\alpha = 0,995$; $\beta = 0,0001$ dan $\gamma = 0,0995$.

Dalam menghitung nilai pemulusan model *multiplicative holt-winters*, langkah awal yang harus dilakukan adalah menghitung nilai pemulusan *exponential level*. Hasil perhitungan sebagai sampel yaitu pada periode ke-2 yaitu :

$$L_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$L_2 = 0,995 \frac{X_2}{S_{2-1}} + (1 - 0,995)(L_{2-1} + T_{2-1})$$

$$= 0,995 \frac{10088,56}{1} + (1 - 0,995)(10448,66 - 360,10)$$

$$= 10088,56$$

Setelah diperoleh nilai pemulusan level untuk periode ke-2 hingga ke-12, selanjutnya menentukan nilai pemulusan trend. Berikut ini merupakan hasil dari nilai pemulusan *trend* yaitu :

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}$$

$$T_2 = 0,0001(L_2 - L_{2-1}) + (1 - 0,0001) T_{2-1}$$

$$= 0,0001(10088,56 - 10448,66) + (1 - 0,0001)(-360,10)$$

$$= -360,10$$

Setelah nilai pemulusan *trend* diperoleh, selanjutnya menghitung nilai pemulusan untuk musiman. Berikut hasil pemulusan musiman yaitu :

$$S_t = \gamma \frac{X_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s}$$

$$S_2 = 0,0995 \frac{X_2}{L_2} + (1 - 0,0995) S_{2-1}$$

$$= 0,0995 \frac{10088,56}{10088,56} + (1 - 0,0995) (1)$$

$$= 1$$

Setelah memperoleh nilai *L*, *T* dan *S* maka tahapan selanjutnya menghitung nilai prediksi. pada penelitian ini nilai *m* yang digunakan adalah *m* = 1. Berikut hasil prediksi pada periode ke-2 :

$$F_{t+m} = (L_t + m * T_t)S_{t-s+m}$$

$$F_{1+1} = (L_1 + 1 * T_1)S_{1-1+1}$$

$$F_2 = (10448,66 - 360,10)(1)$$

$$= 10088,56$$

Berdasarkan langkah-langkah di atas, diperoleh hasil pemulusan dan peramalan sebagai berikut :

Tabel 2. Data hasil pemulusan dan peramalan dengan metode *holt-winter*

<i>t</i>	<i>L_t</i>	<i>T_t</i>	<i>S_t</i>	<i>F_{t+m}</i>
2	10.088,56	-360,10	1,00	10.088,56
3	10.386,07	-360,03	1,00	9.728,46
4	7.890,23	-360,25	1,00	10.026,35
5	9.731,11	-360,03	1,00	7.529,20
6	9.777,79	-359,99	1,00	9.371,17
7	9.793,64	-359,95	1,00	9.418,09
8	10.125,12	-359,88	1,00	9.434,15
9	8.544,87	-360,00	1,00	9.766,05
10	7.775,88	-360,04	1,00	8.184,97
11	5.961,95	-360,19	1,00	7.415,73
12	3.045,26	-360,44	1,00	5.601,00

Langkah ini merupakan penerapan ramalan produksi tebu di Kabupaten Jombang menggunakan model *multiplicative holt-winters* dengan nilai parameter $\alpha = 0,995$, $\beta = 0,0001$ dan $\gamma = 0,0995$. Dalam menghitung nilai prediksi model multiplikatif dapat digunakan persamaan $(L_t + T_t m)S_{t-s+m}$ dengan nilai *m* = 1. Hasil ramalan produksi tebu ke-12 yaitu 5601,00. Selisih data aktual dengan peramalan tebu di Kabupaten Jombang tersedia pada tabel 3 berikut :

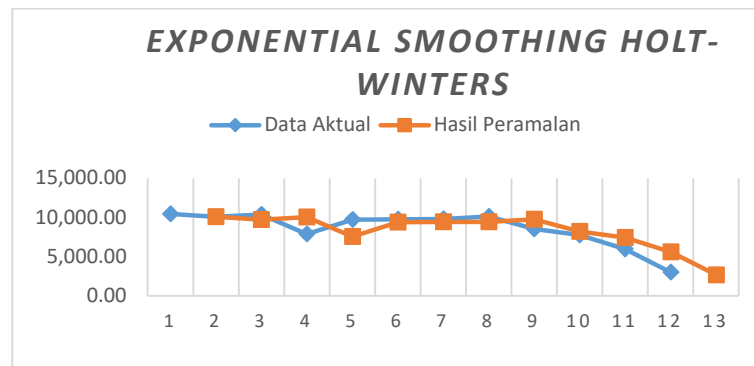
Tabel 3. Perbandingan data aktual dengan peramalan dengan metode *holt-winter*

<i>t</i>	<i>X_t</i>	<i>F_{t+m}</i>
1	10448,66	
2	10088,56	10.088,56
3	10389,37	9.728,46
4	7.879,75	10.026,35
5	9.741,16	7.529,20
6	9.779,93	9.371,17

7	9.795,82	9.418,09
8	10.129,09	9.434,15
9	8.539,45	9.766,05
10	7.773,92	8.184,97
11	5.954,56	7.415,73
12	3032	5.601,00
13		2683,32

Berdasarkan hasil ramalan produksi tebu menggunakan multiplikatif *holt-winter* dapat ditunjukkan nilai keakuratan pada peramalan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \left|\frac{X_t - F_t}{X_t}\right| \\
 &= \left(\frac{100\%}{11}\right) (2,00) \\
 &= 18,19\%
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Perbandingan data menggunakan metode *multiplicative holt-winter*

Berdasarkan data produksi tebu yang diperoleh dari BPS Kabupaten Jombang, menunjukkan bahwa keadaan produksi tebu mengalami penurunan dari tahun 2016 sampai 2019. Penurunan produksi tebu di Kabupaten Jombang ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain faktor cuaca dan luas panen. Pabrik selain memiliki lahan sendiri, juga ada lahan dari petani. Jadi jika para petani tidak menanam tebu, maka produksi tebu akan mengalami penurunan.

Pada tahun 2020 data produksi tebu di ramalkan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode *single moving average* dan metode *exponential smoothing holt-winters* model *multiplicative*. Dari dua metode tersebut diperoleh hasil peramalan yang hampir sama yaitu jumlah produksi cenderung menurun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai peramalan produksi tebu di Kabupaten Jombang dengan metode *Single Moving Average* dengan nilai $N = 2$ dan $N = 3$ diperoleh model terbaik dengan nilai $N = 2$. Metode *Single Moving Average* dengan nilai $N = 2$ menghasilkan nilai MAPE yaitu 23,15%. Sedangkan menggunakan metode *Exponential*

Smoothing Holt-Winters model *Multiplicative* dengan nilai parameter $\alpha = 0,995$, $\beta = 0,0001$, dan $\gamma = 0,099$, menghasilkan nilai MAPE yaitu sebesar 18,19%. Sehingga metode dengan model terbaiknya adalah dengan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters*.

Referensi

- [1] M. I. Asyarif and N. Hanani, "Analisis Efisiensi Teknis Usahatani Tebu Lahan Kering di Kabupaten Jombang," *J. Ekon. Pertan. dan Agribisnis*, vol. 2, no. 2, pp. 159–167, 2018.
- [2] B. Ardiyansyah and Purwono, "Mempelajari Pertumbuhan dan Produktivitas Tebu (*Saccharum Officinarum*, L.) dengan Masa Tanam Sama pada Tipologi Lahan Berbeda," *Bul. Agrohorti*, vol. 3, no. 3, pp. 357–365, 2015.
- [3] Suwandi, *Outlook Tebu Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan*. Jakarta: Sekretariat Jendral - Kementerian Pertanian, 2016.
- [4] A. S. Rachman, I. Cholissodin, and M. A. Fauzi, "Peramalan Produksi Gula Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation pada PG Candi Baru Sidoarjo," *Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 1683–1689, 2018.
- [5] A. Agung, "Penerapan Metode Single Moving Average dan Exponential Smoothing dalam Peramalan Permintaan Produk Meubel Jenis Coffee Table pada Java Furniture Klaten," Surakarta : Universitas Sebelas Maret, 2009.
- [6] D. A. W. S. Putra, K. D. Hartomo, and R. Tanone, "Model Prediksi Kekeringan Menggunakan Metode Holt-Winters (Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Boyolali)," *Indones. J. Comput. Model.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–41, 2018.
- [7] S. P. Elvani, A. R. Utary, and R. Yudaruddin, "Peramalan Jumlah Produksi Tanaman Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)," *J. Manaj.*, vol. 8, no. 1, pp. 95–112, 2016.
- [8] M. G. Pramayudha, "Prediksi Hasil Panen Tanaman Pangan dengan Metode Single Moving Average dan Single Exponential Smoothing," Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2019.
- [9] Y. A. Jatmiko, R. L. Rahayu, and G. Darmawan, "Perbandingan Keakuratan Hasil Peramalan Produksi Bawang Merah Metode Holt-Winters Dengan Singular Spectrum Analysis (SSA)," *J. Mat. "MANTIK"*, vol. 3, no. 1, pp. 13–23, 2017.
- [10] N. Hernanda, "Analisis Peramalan Tingkat Produksi Dan Konsumsi Gula Indonesia dalam Mencapai Swasembada Gula Nasional," Bogor : Institut Pertanian Bogor, 2011.
- [11] M. A. D. N. Achadin, "Analisis Faktor yang Mempengaruhi Produksi Tebu pada Sub Sektor Perkebunan di Provinsi Jawa Timur Tahun 2011-2015," *J. Ekon. Pembang.*, vol. 15, no. 2, pp. 193–206, 2017.
- [12] D. A. Sasti, "Metode Pemulusan Eksponensial Holt-Winters untuk Peramalan Data Deret Waktu Musiman (Studi Kasus Data Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara Melalui Bandara Ngurah Rai Tahun 2008-2016)," Bandar Lampung : Universitas Lampung, 2017.
- [13] T. Safitri, "Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt-Winters dan ARIMA," Semarang : Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [14] F. Lamusa, "Peramalan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing," Makassar : Universitas Islam Negeri Alauddin, 2017.
- [15] B. P. Prasetya, "Penerapan Metode Single Moving Average (SMA) pada Aplikasi Peramalan Penjualan Di Kedai Digital #24 Kediri," *Artik. Skripsi*, pp. 1–6, 2017.
- [16] I. G. Susilo *et al.*, "Peramalan Volume Penggunaan Air Bersih dengan Metode

- Winters Exponential Smoothing untuk Menentukan Volume Air Bersih yang Harus Diproduksi oleh PDAM Tirta Satria,” *Pros. Semin. Nas. Mat. dan Ter.*, pp. 128–141, 2016.
- [17] E. A. Dewi, “Perbandingan Metode Holt Winter’s Exponential Smoothing dan Extreme Learning Machine (ELM) pada Peramalan Penjualan Semen (Studi Kasus: PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tahun 2006-2017),” Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [18] T. D. Andini and P. Auristandi, “Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor di UD Achmad Jaya Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2016.