



Forecasting Analysis of Warp Yarn Production Using Holt's and Holt-Winter's Exponential Smoothing Using Golden Section Optimization [Analisa Produksi Benang Lusi dengan Metode Holt-dan Holt-Winter's Exponential Smoothing dengan Optimasi Golden Section]

Lely Lindyawati¹⁾, Indah Apriliana Sari W.*²⁾, Atikha Sidhi Cahyana³⁾, Tedjo Sukmono⁴⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁴⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. *PT. XY is a company active in the textile industry sector, particularly of woven sarongs. During religious celebrations in the islamic calendar, companies often experience fluctuating demand. This has an impact on increasing production. Production increase 30% occurred at PT. XY during the month of Ramadhan 2023 and fluctuations continue until the end of the first quarter. In this situation, the availability of warp yarn as the main ram material is still insufficient to meet the demand. This study aims to predict the productions of warp yarn in the next twelve periods by evaluating the average absolute error rate (MAPE) of the Double Exponential Smoothing Holt's (DES) and Holt-Winter's Exponential Smoothing (WES) methods which will be combined with the golden section optimization method. As a result, the best forecasting method with the smallest standard error of 5,5437% is WES method with a combination of golden section parameters $\alpha_1 = 0,67387$, $\beta_1 = 0,08756$, and $\gamma_2 = 0,85408$.*

Keywords: *Double Exponential Smoothing Holt's; Holt-Winter's Exponential Smoothing; golden section; production forecasting*

Abstrak. *PT. XY adalah sebuah perusahaan yang aktif di sektor industri tekstil, khususnya dalam produksi sarung tenun. Pada perayaan keagamaan dalam kalender islam, perusahaan kerap mengalami permintaan yang fluktuatif. Hal ini berdampak pada peningkatan produksi. Peningkatan produksi sebesar 30% terjadi di PT. XY selama bulan ramadhan 2023 dan fluktuasi terus berlangsung hingga akhir kuartal pertama. Dalam situasi ini, ketersediaan benang lusi sebagai bahan baku utama masih belum mencukupi untuk memenuhi permintaan. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi produksi benang lusi dalam dua belas periode mendatang dengan mengevaluasi rata-rata tingkat kesalahan absolut (MAPE) dari metode Double Eksponensial Smoothing Holt/s (DES) dan Holt-Winter's Exponential Smoothing (WES) yang akan dikombinasikan dengan metode optimasi golden section. Hasilnya, metode peramalan terbaik dengan standar error terkecil 5,5437% adalah metode WES dengan kombinasi parameter golden section $\alpha_1 = 0,67387$, $\beta_1 = 0,08756$, dan $\gamma_2 = 0,85408$.*

Kata Kunci: *Double Exponential Smoothing Holt's; Holt-Winter's Exponential Smoothing; golden section; peramalan produksi*

I. PENDAHULUAN

PT. XY merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri tekstil berupa sarung tenun. Perusahaan membagi alur produksi menjadi beberapa departemen, salah satunya adalah departemen persiapan bahan baku. Departemen ini bertugas untuk mengolah *raw material* menjadi bahan setengah jadi berupa benang lusi, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan sarung tenun. Benang lusi adalah gulungan benang dalam *beam* yang telah dilapisi oleh campuran kimia dan kanji, serta disusun vertikal dan sejajar dengan mesin tenun[1].

Berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS) industri pakaian dan tekstil tercatat mengalami pertumbuhan 9,34% pada tahun 2022, hingga pada kuartal keempat terjadi penurunan sebesar 1,02% [2]. Meskipun begitu, permintaan pada industri ini diperkirakan akan meningkat dua kali lipat pada tahun 2023. Fakta tersebut selaras dengan apa yang sedang terjadi di PT. XY. Perusahaan sering mengalami situasi dimana terjadi fluktuasi permintaan, seperti bulan ramadhan atau hari-hari besar islam lainnya. Hal ini tentu berdampak pada kegiatan produksi yang terjadi di perusahaan. Pada bulan ramadhan 2023, perusahaan mencatat kenaikan produksi hingga 30%. Setelahnya, produksi terus mengalami fluktuasi hingga pada akhir kuartal pertama produksi benang

lusi meningkat sebesar 20% dibandingkan tahun 2022. Pada kondisi ini, jumlah persediaan benang lusi sebagai bahan baku utama belum mampu memenuhi permintaan.

Persediaan merupakan stok yang digunakan dalam kegiatan produksi guna memenuhi permintaan konsumen, seperti *raw material*, bahan setengah jadi, dan produk jadi [3]. Persediaan menjadi hal yang krusial dalam kegiatan produksi[4], termasuk pada produksi sarung. Perusahaan akan dihadapkan pada resiko berupa kehilangan keuntungan apabila persediaan tidak mencukupi dan keinginan konsumen tidak dapat terpenuhi[5]. Produksi yang berlebihan juga akan berdampak pada membengkaknya biaya simpan, sehingga menimbulkan kerugian. Oleh karena itu, dilakukan peramalan hasil produksi untuk memenuhi persediaan serta mengendalikan fluktuasi permintaan tanpa menimbulkan penimbunan produk yang akan melebihi kapasitas perusahaan.

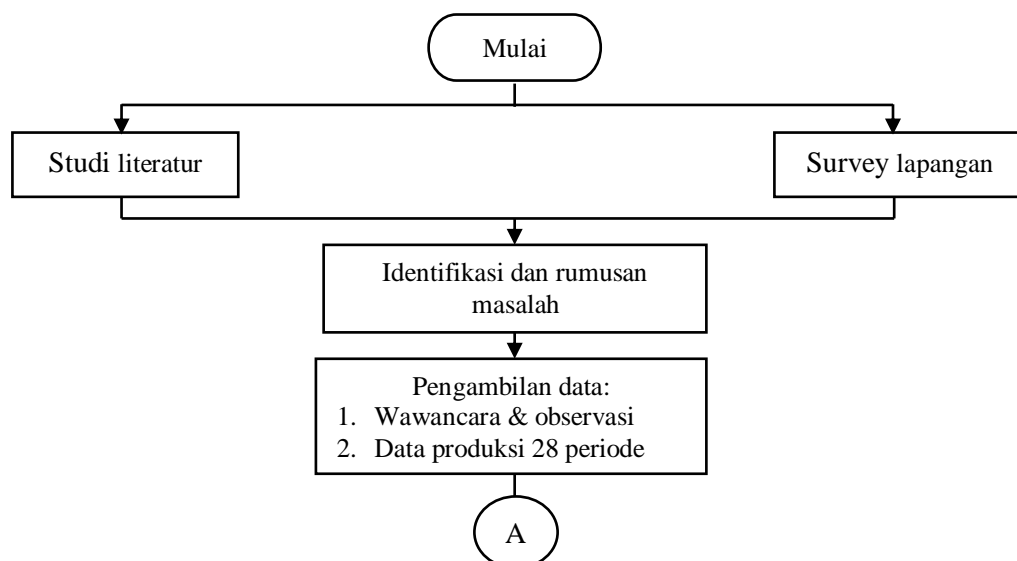
Peramalan adalah sebuah langkah dalam merencanakan dan menentukan sikap dalam menghadapi situasi ke depan dengan lebih baik dan terperinci[6]. Dengan melibatkan data historis pada periode sebelumnya, peramalan dapat dijadikan sebagai alat untuk mendukung keputusan dengan melibatkan dugaan atau prediksi tentang apa yang mungkin terjadi di masa mendatang[7]. Terdapat beberapa metode dalam peramalan, salah satunya adalah *time series forecasting* (peramalan deret waktu). Peramalan deret waktu adalah peramalan yang didasarkan pada data yang berubah dari waktu ke waktu[8]. Adapun tahapan dalam melakukan peramalan yaitu perumusan masalah, pengumpulan data, menganalisis data, memilih model ramalan, memverifikasi model peramalan, peramalan, dan memvalidasi akurasi peramalan[9]. *Double Exponential Smoothing Holt's* (DES) dan *Holt-Winter's Exponential Smoothing* (WES) adalah dua contoh model peramalan dengan seri waktu. DES *Holt's* menggunakan dua parameter pemulusan level (α) dan *trend* (β), sedangkan WES menambahkan parameter pemulusan γ sehingga cocok digunakan untuk pola data musiman[8].

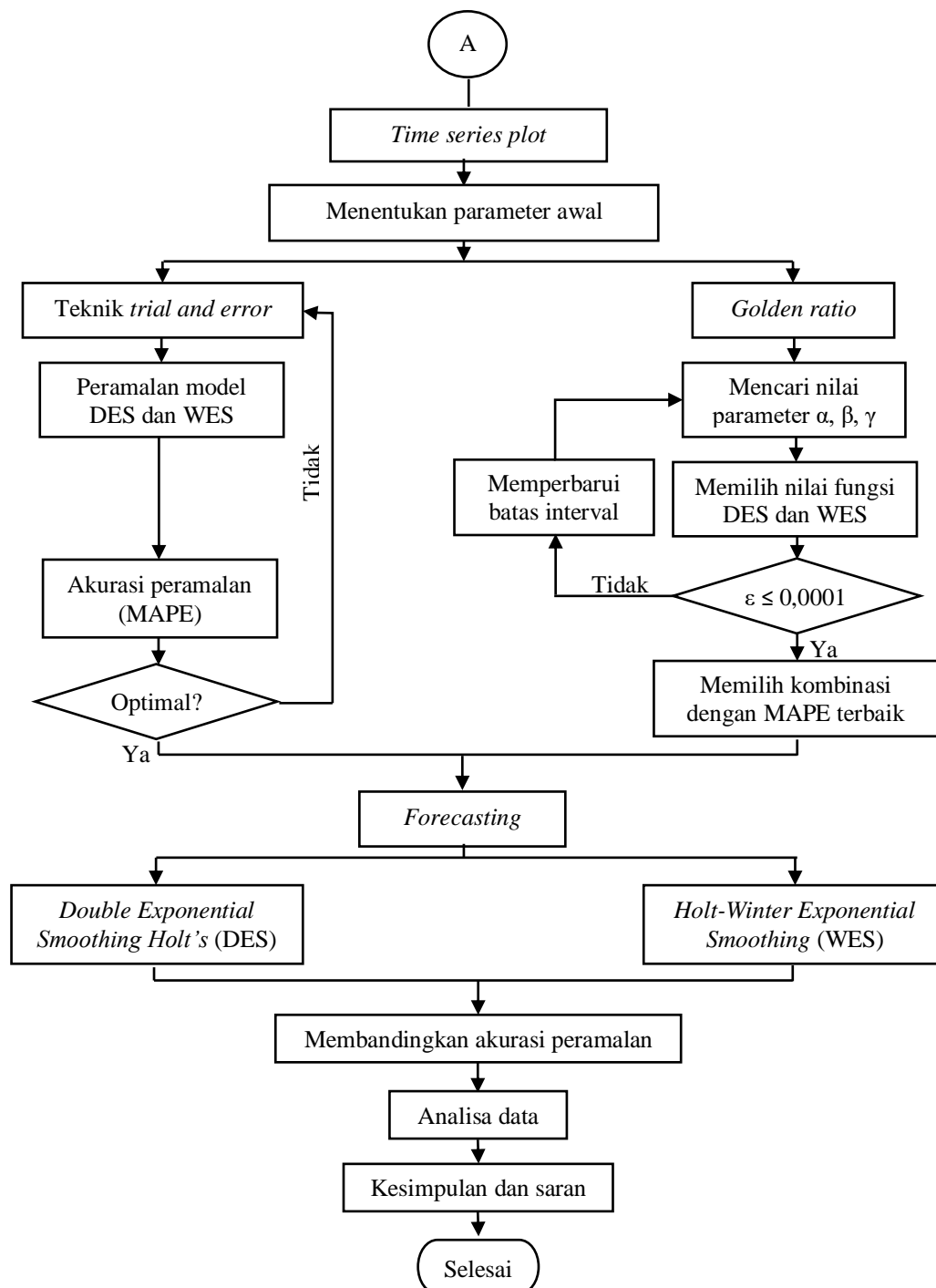
Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan dalam menentukan model peramalan terbaik[10], peramalan penjualan songkok[4], memprediksi dan memberikan masukan ketika terjadi pertambahan jumlah[11], dan pergerakan harga[12]. Keempatnya menghasilkan metode WES merupakan model terbaik yang dapat diterapkan dalam peramalan. Pendekatan berbeda dilakukan pada penelitian ini, karena baik metode DES maupun WES tidak memberikan metode untuk mendapatkan parameter pemulusan yang optimal sehingga teknik *trial and error* digunakan dalam menentukan parameter pemulusan. Oleh karena itu, pada penelitian ini metode optimasi algoritma *golden section* akan diintegrasikan dengan metode DES dan WES, dengan tujuan untuk mempersingkat waktu serta mendapatkan nilai akurasi peramalan yang lebih baik. Penelitian serupa dengan kombinasi metode DES dan *golden section* pernah dilakukan oleh Yani untuk memprediksi angka NTPT di Kalimantan Timur yang menghasilkan tingkat akurasi sangat baik[13].

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi produksi benang lusi dalam dua belas periode mendatang dengan mengevaluasi serta membandingkan rata-rata tingkat kesalahan absolut (MAPE) dari dua metode peramalan deret waktu, yaitu *Double Exponential Smoothing Holt's* dan *Holt-Winter's Exponential Smoothing* yang akan dikombinasikan dengan metode optimasi *golden section*.

II. METODE

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif analisis dengan tujuan untuk mendeskripsikan dan memberikan gambaran terhadap masalah atau objek penelitian yang diangkat. Berikut adalah alur penelitian dalam meramalkan produksi benang lusi di PT. XY, seperti yang terlihat pada gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Business Understanding

Pada tahapan ini dilakukan pengamatan secara langsung di perusahaan untuk mengidentifikasi hambatan atau permasalahan yang terjadi. Kemudian, ditemukan bahwa perusahaan masih belum melakukan metode peramalan dalam perencanaan produksi, sehingga terjadi kendala dalam persediaan bahan setengah jadi yang membuat kegiatan produksi terhambat. Adapun data historis yang digunakan adalah data produksi periode Januari 2021 – April 2023.

B. Time Series Plot

Data *time series* atau runtun waktu dibutuhkan dalam melakukan peramalan[14]. Oleh karena itu, pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data melalui wawancara untuk kemudian dipetakan dalam bentuk grafik *time series*.

Tujuannya adalah untuk mendeskripsikan dan menggambarkan pola data historis yang ada apakah mengandung unsur *trend* atau *seasonal*[8].

C. Memilih Parameter Pemulusan

Pada tahapan ini dilakukan pemilihan parameter pemulusan α , β untuk DES dan α , β , γ untuk WES dengan interval $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$. Pada penelitian ini, parameter pemulusan akan dipilih dengan dua cara, yaitu teknik *trial and error* dan algoritma *golden section*. Pembaruan parameter akan terus dilakukan sampai mencapai nilai akurasi yang diinginkan. Jika teknik *trial and error* hanya menggunakan intuisi dan pemilihan *random* dalam menentukan parameter, sebaliknya optimasi *golden section* menyediakan persamaan dan kriteria untuk mengeliminasi daerah batas[15] sehingga dapat ditemukan titik minimum dari fungsi dengan lebih cepat. Berikut adalah tahapan dan kriteria *golden section* yang akan digunakan.

1. Menentukan *golden ratio* (r) dan interval awal parameter.

$$r = \frac{\sqrt{5}-1}{2} = 0,61803 \quad (1)$$

2. Menentukan batas bawah (a), batas atas (b), dan batas henti iterasi yang menunjukkan tingkat ketelitian (ϵ) = 0,0001.
3. Menentukan nilai x_1 dan x_2 .

$$x_1 = (r)(a) + (1-r)(b) \quad (2)$$

$$x_2 = a + b - x_1 \quad (3)$$

4. Substitusi nilai x_1 dan x_2 ke dalam fungsi tujuan $f(x)$.
5. Membandingkan nilai $f(x_1)$ dan $f(x_2)$, serta mengeliminasi batas interval sesuai dengan kriteria *golden section*. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan nilai minimum, maka kriteria yang berlaku: jika $f(x_1) > f(x_2)$ maka daerah minimasi terletak di antara x_1 dan b , sehingga a akan diubah menjadi x_1 baru dan b tetap. Jika $f(x_1) < f(x_2)$ maka daerah minimasi terletak di antara a dan x_2 , dengan demikian a tetap dan b diganti menjadi x_2 baru[16].
6. Melakukan pembaruan batas interval dengan mengulangi langkah 3 sampai 6 hingga didapatkan nilai konvergensi $\|b - a\| \leq \epsilon$. [17]

D. Forecasting

Pada tahapan ini akan dilakukan peramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing Holt's* (DES) dan *Holt-Winter's Exponential Smoothing* (WES) untuk memprediksi produksi benang lusi selama 12 periode ke depan. Proses inisialisasi metode DES memerlukan dua pemulusan *trend*, yaitu α untuk L_t dan β untuk pemulusan *trend* T_t [18], sedangkan metode WES menambahkan faktor musiman atau *seasonal* (γ) dalam pemulusannya[8]. Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam model *Double Exponential Smoothing Holt's* (DES).

$$L_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

$$T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (5)$$

$$F_{t+m} = L_t + T_t(m) \quad (6)$$

$$T_1 = x_2 - x_1 \quad (7)$$

Keterangan:

L_t = pemulusan level.

L_{t-1} = pemulusan level periode t-1.

X_t = data aktual.

T_t = *trend smoothing*.

T_{t-1} = *trend smoothing* periode t-1.

α, β = parameter pemulusan ($0 \leq \alpha, \beta \leq 1$).

F_{t+m} = *forecasting*.

Berikut adalah tahapan dan persamaan yang digunakan dalam peramalan model *Holt-Winter's Exponential Smoothing* (WES).

1. Inisialisasi peramalan.

$$L_t = \frac{1}{L} \times (x_1 + x_2 + \dots + x_L) \quad (8)$$

$$T_t = \frac{1}{L} \times \left(\frac{x_{L+1}-x_1}{L} + \frac{x_{L+2}-x_2}{L} + \dots + \frac{x_{L+L}-x_L}{L} \right) \quad (9)$$

$$I_t = \bar{X}_t / L_t \quad (10)$$

2. Menentukan pemulusan level, *trend*, dan musiman.

$$L_t = \alpha \times \left(\frac{X_t}{I_{t-L}} \right) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (11)$$

$$T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta) \times T_{t-1} \quad (12)$$

$$I_t = \gamma \times \left(\frac{X_t}{L_t} \right) + (1-\gamma) \times I_{t-L} \quad (13)$$

3. *Forecast*.

$$F_{t+m} = (S_t + mT_t) \times I_{t-L+m} \quad (14)$$

Keterangan:

- α = level smoothing.
 β = trend smoothing.
 γ = seasonal smoothing.
 X_t = data periode ke-t.
 L_t = nilai level periode t.
 I_t = nilai musiman.
 T_t = nilai trend.
m = jumlah periode yang akan diramalkan.
 F_{t+m} = forecasting.

E. Akurasi Peramalan

Pada tahapan ini dilakukan evaluasi terhadap keakuratan hasil peramalan metode DES dan WES. Akurasi peramalan dilihat dari nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Tingkat akurasi peramalan terbaik dinilai dengan cara melihat kriteria indeks *error*[19] atau kriteria persentase MAPE pada tabel 1[20] dengan persamaan:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\% \quad (15)$$

Keterangan:

- X_t = nilai x periode ke-t.
 F_t = peramalan periode ke-t.
n = banyaknya data.

Tabel 1. Kriteria Akurasi Peramalan

MAPE	Tingkat Akurasi
<10%	Sangat baik
10-20%	Baik
20-50%	Cukup
>50%	Buruk

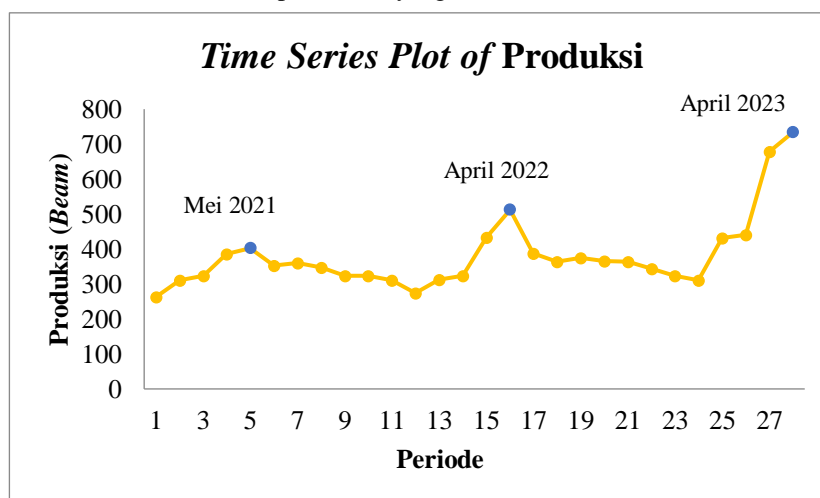
F. Membandingkan Akurasi Peramalan

Pada tahap ini hasil akurasi peramalan yang didapatkan dari metode DES dan WES teknik *trial and error* akan dibandingkan dengan hasil akurasi peramalan yang didapatkan dari metode DES dan WES kombinasi *golden section*. Kemudian, dipilih metode terbaik yang akan digunakan untuk memberikan usulan kepada perusahaan terkait dengan hasil peramalan produksi benang lusi 12 periode ke depan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Time Series Plot

Grafik *time series* dari data produksi benang lusi di PT. XY periode Januari 2021 sampai April 2023 dapat dilihat pada gambar 2. Pemetaan data dalam bentuk grafik bertujuan untuk memvisualisasikan pola data historis sehingga memudahkan untuk memilih metode peramalan yang sesuai[8].



Gambar 2. Grafik *Time Series* Produksi

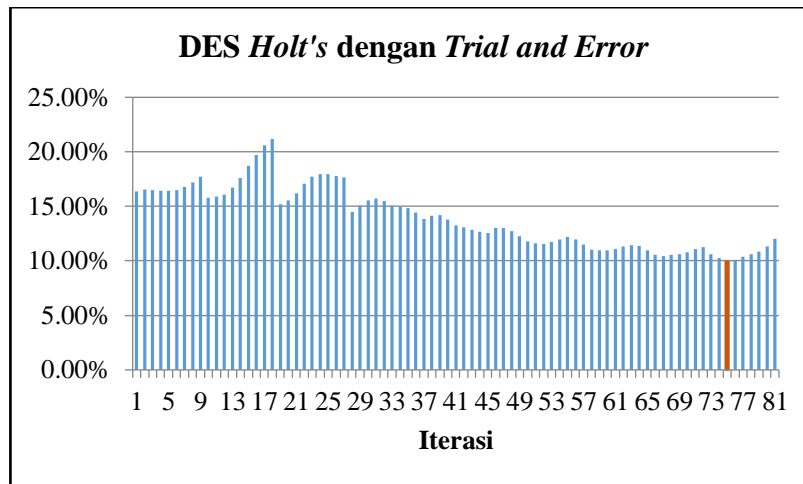
Berdasarkan pada gambar di atas, dapat diketahui bahwa grafik membentuk pola *trend* dan musiman. Hal ini ditandai dengan adanya peningkatan produksi yang terjadi secara periodik pada bulan-bulan tertentu. Produksi tertinggi terjadi pada periode 5 (Mei 2021), periode 16 (April 2022), dan periode 27 (April 2023), yakni pada saat perayaan Idul Fitri. Oleh karena itu, analisa peramalan dapat dilakukan dengan metode DES *Holt's* dan WES[9].

B. Peramalan dengan Pemilihan Parameter Teknik *Trial and Error*

Metode yang digunakan untuk meramalkan produksi benang lusi, yaitu *Double Exponential Smoothing Holt's* dan *Holt-Winter's Exponential Smoothing*. Parameter pemulusan α , β , dan γ ditentukan melalui teknik *trial and error*. Pemilihan parameter dengan teknik ini mengacu pada intuisi dan berapa banyak kombinasi yang mungkin dapat dibentuk dari masing-masing parameter.

1. *Double Exponential Smoothing Holt's* (DES)

Hasil perhitungan MAPE untuk metode DES dengan parameter α dan β yang diperoleh dari teknik *trial and error*. Sehingga didapatkan jumlah iterasi dan kombinasi parameter pemulusan yang dapat dibentuk adalah 81 iterasi, seperti yang terlihat pada gambar 3.

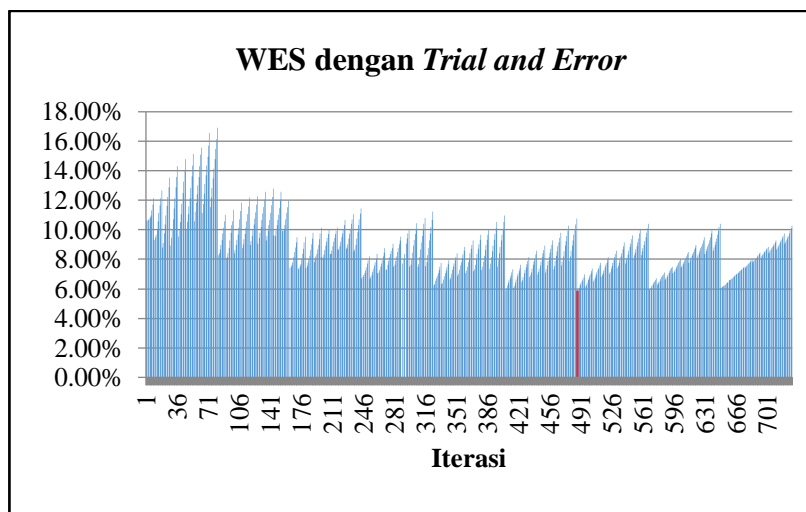


Gambar 3. MAPE Metode DES *Holt's* Teknik *Trial and Error*

Parameter pemulusan α dan β yang dikombinasikan merupakan angka-angka yang berada di antara batas interval $[0,1]$ yaitu 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; dan 0,9, sehingga didapatkan total 81 kombinasi yang mungkin. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan parameter terbaik metode DES *Holt's* adalah pada iterasi ke-75 dengan $\alpha = 0,9$ dan $\beta = 0,3$ dan nilai MAPE 9,95%.

2. *Holt-Winter's Exponential Smoothing* (WES)

Hasil perhitungan MAPE untuk metode WES dengan parameter α , β , dan γ yang didapatkan dengan teknik *trial and error*, seperti yang disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. MAPE Metode WES Teknik *Trial and Error*

Sama halnya dengan metode DES, metode WES dengan teknik *trial and error* juga mengombinasikan parameter pemulusan α , β , dan γ yang berada di antara $[0,1]$. Dengan menggunakan tiga parameter tersebut, maka didapatkan

sebanyak 729 kombinasi yang mungkin dapat dibentuk. Berdasarkan pada gambar 4, diketahui bahwasannya parameter terbaik metode WES dengan teknik *trial and error* didapatkan pada iterasi ke-487 dengan $\alpha = 0,7$, $\beta = 0,1$, dan $\gamma = 0,1$ dan nilai MAPE sebesar 5,83%.

C. Peramalan dengan Optimasi Golden Section

Pada tahap ini, langkah pertama yang harus dilakukan sebelum peramalan dengan metode DES *Holt's* dan WES adalah menentukan parameter pemulusan terbaik pada masing-masing metode melalui perhitungan optimasi *golden section* dengan menggunakan persamaan (2) dan (3). Iterasi akan terus dilakukan hingga mencapai batas ketelitian (ϵ) yang telah ditetapkan sebelumnya[17].

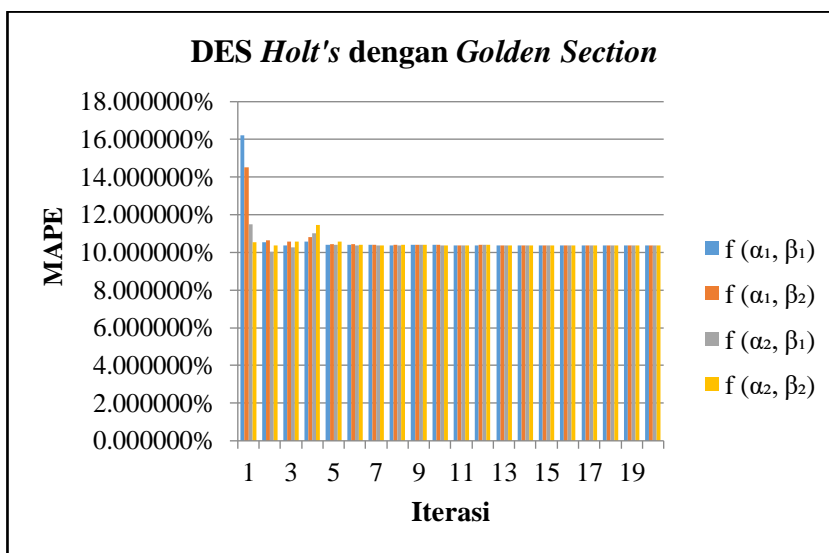
1. Double Exponential Smoothing Holt's (DES) dengan Golden Section

Peramalan metode DES *Holt's* diawali dengan optimasi *golden section* yang dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan interval awal $[0,1]$ pada iterasi 1 dan batas berhentinya toleransi $\epsilon = 0,0001$. Nilai interval akan terus diperbarui dengan mengikuti kriteria *golden section*. Setelah ditemukan semua kombinasi dari parameter pemulusan, maka akan ditentukan parameter optimal yang didasarkan pada nilai MAPE terkecil. Hasil perhitungan DES *Holt's* dengan optimasi *golden section* disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode DES *Holt's* dengan Optimasi *Golden Section*

Iterasi	α	β	b - a	MAPE (%)
1	0,381966	0,381966	1	10,55690
2	0,618034	0,763932	0,6180	10,03986
3	0,763932	0,854102	0,3820	10,25874
4	0,90983	0,90983	0,2361	10,55779
...
...
19	0,837561	0,839669	0,0002	10,38346
20	0,837602	0,839678	0,0001	10,38349

Perhitungan berhenti pada iterasi ke-20, karena nilai $0,0001 \leq \epsilon$. Berdasarkan tabel 2, didapatkan MAPE minimum untuk metode DES *Holt's* dengan optimasi *golden section* adalah pada iterasi ke-2 dengan kombinasi parameter $\alpha_2 = 0,763932$ dan $\beta_1 = 0,618034$ yaitu sebesar 10,038986%. Gambar 5 menunjukkan visualisasi nilai MAPE yang dihasilkan pada optimasi *golden section* dengan fungsi tujuan DES *Holt's* dari iterasi 1 sampai 20. Grafik menunjukkan bahwa semakin mendekati nilai konvergensi $\|b-a\|$, selisih standar *error* yang dihasilkan tidak terlampau jauh, sehingga iterasi sudah selesai dan sudah dianggap optimal[17].



Gambar 5. MAPE Metode DES *Holt's* dengan Optimasi *Golden Section*

2. Holt-Winter's Exponential Smoothing (WES) dengan Golden Section

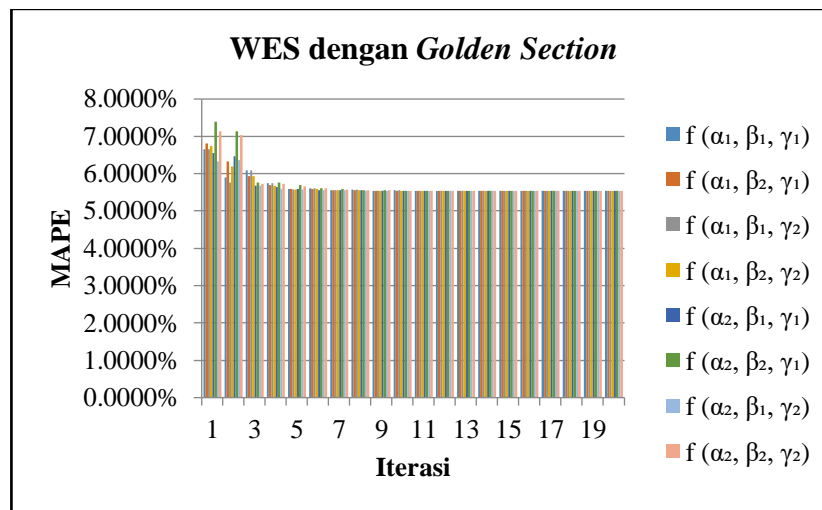
Peramalan metode WES diawali dengan optimasi *golden section* yang dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan interval awal α , β , dan γ adalah $[0,1]$ dan batas toleransi berhentinya iterasi $\epsilon = 0,0001$. Interval akan terus diperbarui mengikuti kriteria *golden section*. Selanjutnya, parameter akan disubstitusikan ke dalam fungsi WES (8) sampai (13), kemudian akan ditentukan parameter optimal yang didasarkan pada perhitungan MAPE pada semua

kombinasi yang telah dibentuk. Hasil perhitungan MAPE metode WES dengan optimasi *golden section* disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Metode WES dengan Optimasi *Golden Section*

Iterasi	α	β	γ	b - a	MAPE (%)
1	0,61803	0,38197	0,68103	1	6,32692
2	0,61803	0,23607	0,76393	0,6180	5,77108
3	0,61803	0,1459	0,76393	0,3820	5,68102
4	0,67376	0,09017	0,76393	0,2361	5,59870
...
...
19	0,67387	0,08758	0,85406	0,0002	5,54308
20	0,67387	0,08756	0,85408	0,0001	5,54307

Berdasarkan tabel 3, didapatkan MAPE minimum metode WES dengan *golden section* berada pada iterasi 20 dengan kombinasi parameter optimal $\alpha_1 = 0,67387$, $\beta_1 = 0,08756$, dan $\gamma_2 = 0,85408$ yaitu sebesar 5,543075%. Grafik hasil perhitungan MAPE dari iterasi 1 sampai 20 disajikan pada gambar 6. Visualisasi nilai MAPE pada gambar 6 menunjukkan bahwa semakin mendekati tingkat ketelitian, selisish *error* dari masing-masing iterasi tidak terlampau jauh. Sehingga optimasi dengan jumlah 20 iterasi sudah cukup untuk memilih parameter terbaik.



Gambar 6. MAPE Metode WES dengan Optimasi *Golden Section*

D. Perbandingan Akurasi Peramalan

Perbandingan nilai akurasi peramalan MAPE pada metode *Double Exponential Smoothing Holt's* (DES) dan *Holt-Winter's Exponential Smoothing* (WES) dengan atau tanpa optimasi parameter *golden section* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Akurasi Peramalan (MAPE)

Metode Peramalan	MAPE Minimum
<i>Double Exponential Smoothing Holt's</i> dengan <i>trial and error</i>	9,95%
<i>Holt-Winter's Exponential Smoothing</i> dengan <i>trial and error</i>	5,83%
<i>Double Exponential Smoothing Holt's</i> dengan <i>golden section</i>	10,039%
<i>Holt-Winter's Exponential Smoothing</i> dengan <i>golden section</i>	5,5437%

Menilai tingkat akurasi peramalan adalah hal yang penting untuk dilakukan, karena hal tersebut akan berdampak pada proses pengambilan keputusan[21]. Berdasarkan pada tabel 4, dapat dilihat bahwa perhitungan standar *error* peramalan yang dihasilkan oleh teknik *trial and error* dan optimasi *golden section* tidak berbeda jauh, namun kombinasi peramalan dengan optimasi *golden section* masih lebih baik dalam menentukan parameter pemulusan optimal[22]. Metode WES dengan optimasi *golden section* menghasilkan nilai MAPE terbaik, yaitu sebesar 5,543075%. Oleh karena itu, metode ini dipilih untuk memprediksi produksi benang lusi selama 12 periode mendatang.

E. Peramalan *Holt-Winter's Exponential Smoothing* (WES)

Parameter pemulusan yang digunakan untuk peramalan produksi benang lusi adalah parameter optimum yang diperoleh dengan optimasi *golden section*. Periode yang akan diramalkan adalah periode ke-29 sampai 40 seperti yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Peramalan WES dengan *Golden Section*

Tahun	Bulan	Forecast (Beam)	Tahun	Bulan	Forecast (Beam)
2023	Mei	708,33	2024	Januari	734,09
	Juni	697,75		Februari	761,42
	Juli	744,82		Maret	949,06
	Agustus	744,93		April	1028,32
	September	725,47		Mei	
	Oktober	724,92		Juni	
	November	717,07		Juli	
	Desember	670,02		Agustus	

Berdasarkan pada tabel 5, dapat diketahui bahwa produksi tertinggi diperkirakan terjadi pada bulan Maret dan April 2024 yang bertepatan pada bulan Ramadhan dan Syawal. Hasil peramalan tersebut dapat dijadikan dasar dalam merencanakan kegiatan produksi benang lusi untuk dua belas periode mendatang.

IV. KESIMPULAN

Metode *Holt-Winter's Exponential Smoothing* dengan optimasi parameter *golden section* adalah metode terbaik untuk memprediksi produksi benang lusi selama 12 periode ke depan. Metode tersebut dipilih setelah membandingkan nilai MAPE terkecil dari metode DES dan WES. Hasilnya, metode *Holt-Winter's Exponential Smoothing* dengan kombinasi *golden section* memiliki MAPE minimum sebesar 5,5437% dengan kombinasi parameter $\alpha_1 = 0,67387$, $\beta_1 = 0,08756$, dan $\gamma_2 = 0,85408$. Nilai MAPE yang dihasilkan metode ini masuk dalam kategori <10%, sehingga dapat diartikan tingkat akurasi peramalan metode WES dengan kombinasi *golden section* adalah sangat baik. Penggunaan teknik *trial and error* pada metode WES juga menghasilkan nilai MAPE yang masuk dalam kategori sangat baik. Akan tetapi, penggunaan teknik *trial and error* membutuhkan iterasi yang lebih banyak serta waktu yang lebih lama untuk mendapatkan parameter terbaik.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya dapat mempelajari lebih mendalam terkait studi kasus peramalan produksi. Apakah ada korelasi antara kegiatan produksi dan faktor lain dalam perusahaan yang mungkin berpengaruh terhadap jumlah produksi. Selain itu, penelitian berikutnya juga dapat mempertimbangkan biaya pengadaan, sehingga diharapkan hasil penelitian akan menguntungkan perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan artikel ini tidak lepas bantuan dari berbagai pihak, terima kasih kepada perusahaan sarung di PT, XY beserta karyawan yang telah memberikan fasilitas, arahan, dan bimbingannya sehingga artikel ilmiah ini bisa terselesaikan.

REFERENSI

- [1] E. Apriyanty and F. Desiyanto, "Pengaruh Sudut Timing Main Nozzle Terhadap Putus Benang Pakan Polyester 100% 30/2 Dtex di Mesin Air Jet Loom Merk Toyoda T-810," 2020.
- [2] W. Islamiati, "Pertumbuhan Semu Industri Tekstil, PHK Masih Terus Berlanjut," *bisnis.com*, 2023. [Online]. Available: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20230209/257/1626312/pertumbuhan-semu-industri-tekstil-phk-masih-terus-berlanjut>. [Accessed: 03-Feb-2023].
- [3] P. Persediaan, B. B. Pada, M. Ayub Ardirakhmanto, S. Rahayuningsih, and A. Komari, "'Medali Mas' Kediri," *J. Ilm. Mhs. Tek. Ind. Univ. Kadiri*, vol. 2, no. 2, pp. 75–83, 2020.
- [4] A. Rufaidah and A. Effindi, "Perbandingan Peramalan Dengan Metode Eksponensial Smoothing dan Winter Multiplicative Seasonality pada Data Penjualan Songkok Nasional UMKM di Kabupaten Gresik The Forecasting Comparison between Exponential Smoothing and Winter Multiplicative Seasonality Methods on SMEs Songkok Product Sales Data in Gresik Regency," 2019.
- [5] Q. A. Mahmuda, W. Sari, and D. Agustin, "JURNAL MAHASISWA AKUNTANSI (JAMAK) Analisis Pengendalian Internal Persediaan Bahan Baku terhadap Aktivitas Produksi."
- [6] F. Ahmad, "Penentuan Metode Peramalan Pada Produksi Part New Granada Bowl St di PT.X," *JISI J.*

- Integr. Sist. Ind.*, vol. 7, no. 1, p. 31, May 2020.
- [7] N. P. Dewi and I. Listiowarni, "Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan."
- [8] "Hyndman (2014)_Forecasting Principles and Practice."
- [9] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, "Wiley Series in Probability and Statistics."
- [10] G. A. N Pongdatu and E. Abinowi, "Peramalan Transaksi Penjualan Dengan Metode Holt-Winter's Exponential Smoothing."
- [11] P. J. Penduduk, D. Wilayah, K. Karawang, A. D. Pramesti, M. Jajuli, B. N. Sari, and F. I. Komputer, "Implementasi Metode Double Exponential Smoothing dalam Memprediksi," *ULTIMATICS*, vol. XII, no. 2, p. 95, 2020.
- [12] A. Muchayan, "Comparison of Holt and Brown's Double Exponential Smoothing Methods in The Forecast of Moving Price for Mutual Funds," *J. Appl. Sci. Eng. Technol. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 183–192, Dec. 2019.
- [13] T. Anggre, R. Yani, S. Wahyuningsih, and D. M. Siringoringo, "Optimasi Parameter Pemulusan Pada Metode Peramalan Double Exponential Smoothing Holt Menggunakan Golden Section Optimization of Smoothing Parameters in the Double Exponential Smoothing Holt Forecasting Method Using the Golden Section (Case Study of ERFSL East Kalimantan Province 2014-2019)," vol. 13, no. 1.
- [14] M. I. Wiladibrata and N. A. Komara Rifai, "Peramalan Produksi Mobil Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dengan Algoritma Golden Section," *Bandung Conf. Ser. Stat.*, vol. 2, no. 2, pp. 507–511, Aug. 2022.
- [15] N. Walida, S. Wahyuningsih, and F. Amijaya, "Pemilihan Parameter Optimum Menggunakan Exponential Smoothing dengan Metode Golden Section untuk Peramalan Jumlah Titik Panas di Kalimantan Timur," *Jambura J. Probab. Stat.*, vol. 2, no. 2, pp. 75–85, Nov. 2021.
- [16] S. C. Chapra and R. P. Canale, *Numerical methods for engineers*. .
- [17] J. Mantik, I. Made Dwi Putra Asana, I. Made Deni Kurniadi, S. Artha Dwipayani, and K. Jaya Atmaja, "2022) 1603-1611 Accredited," 2022.
- [18] Y. I. AJUNU, N. ACHMAD, and M. R. F. PAYU, "Perbandingan Metode Autoregressive Integrated Moving Average dan Metode Double Exponential Smoothing dari Holt dalam Meramalkan Nilai Impor di Indonesia," *Jambura J. Probab. Stat.*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, May 2020.
- [19] "Apriliana dkk 2022_TTL & Monte Carlo."
- [20] T. R. Radamuri, C. K. Ekowati, and O. E. Nubatonis, "Perbandingan Metode Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing pada Peramalan Garis Kemiskinan Nusa Tenggara Timur," 2022.
- [21] T. Syifahati, A. Triska, and J. Nahar, "Forecasting the Indonesian Coffee Production and Consumption Using the Modified Golden Section Search to Estimate the Smoothing Parameters," *J. Mat. Integr.*, vol. 19, no. 1, p. 41, Jun. 2023.
- [22] I. D. Febrianti, M. Hani'ah, U. D. Rosiani, P. Studi, T. Informatika, J. T. Informasi, and P. N. Malang, "Optimasi Double Exponential Smoothing menggunakan Metode Golden Section untuk Peramalan Penjualan Sparepart," *Semin. Inform. Apl. Polinema*, p. 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.