

Analisis Komparatif Metode Peramalan Dalam Mendukung Perencanaan Permintaan

Desita Nur Rachmaniar^{1*}, Amalia Nur Alifah²

¹⁾ Program Studi Teknik Logistik, Direktorat Kampus Surabaya, Universitas Telkom

³⁾ Program Studi Sains Data, Direktorat Kampus Surabaya, Universitas Telkom

Jl. Ketintang No.156 Ketintang, Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231

Email: desitanurr@telkomuniversity.co.id

ABSTRAK

Ketepatan perencanaan permintaan sangat dibutuhkan untuk dapat meningkatkan efisiensi dan menjamin kelancaran dari operasional proses bisnis perusahaan. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi Perusahaan untuk dapat memperkirakan atau memprediksi kebutuhan persediaan berdasarkan permintaan yang ada. Tujuan utama dari penelitian ini adalah ingin membandingkan beberapa metode peramalan diantaranya Moving Average, Weighted Moving Average, Single Exponential Smoothing dan Holts Double Exponential Smoothing untuk memperoleh hasil yang terbaik yang telah sesuai dengan karakteristik data permintaan yang dimiliki. Hasil menunjukkan bahwa metode Holts Double Exponential Smoothing dengan parameter $\alpha = 0,3$ dan $\beta = 0,2$ menghasilkan performa terbaik dengan nilai akurasi permintaan $MAD = 1,365$; $MSE = 4,14$ dan $MAPE = 11,9\%$. Sehingga, penggunaan metode Holts Double Exponential Smoothing dapat dijadikan alternatif pertimbangan dalam pengambilan keputusan karena menghasilkan tingkat kesalahan atau error yang paling rendah..

Kata kunci: Perencanaan, Permintaan, Peramalan, *Holts Double Exponential Smoothing*

ABSTRACT

Accurate demand planning is essential for improving efficiency and ensuring the smooth operation of a company's business processes. This presents a distinct challenge for the company in forecasting or predicting inventory requirements based on existing demand. The main objective of this study is to compare several forecasting methods, including Moving Average, Weighted Moving Average, Single Exponential Smoothing, and Holt's Double Exponential Smoothing, to obtain the best results that are in accordance with the characteristics of the demand data available. The results show that Holt's Double Exponential Smoothing method with parameters $\alpha = 0.3$ and $\beta = 0.2$ achieves the best performance with demand accuracy values of $MAD = 1.365$, $MSE = 4.14$, and $MAPE = 11.9\%$. Therefore, the use of Holt's Double Exponential Smoothing method can be an alternative consideration in decision-making because it produces the lowest error rate.

Keywords: Planning, Demand, Forecasting, *Holts Double Exponential Smoothing*.

Pendahuluan

Perencanaan permintaan menjadi hal yang sangat penting dalam menjamin kelancaran operasional proses bisnis yang ada. Ketepatan dalam memperkirakan permintaan di periode selanjutnya menjadi dasar dalam membuat keputusan strategis maupun operasional seperti pengadaan bahan baku, produksi barang, pengendalian persediaan, dan keputusan lainnya. Mengingat sifat prediksi atau perkiraan di masa datang yang sifatnya tidak pasti, maka perlu perencanaan permintaan yang tepat. Perencanaan permintaan yang tepat akan membantu meminimalisir terjadinya risiko stok berlebih (*overstock*) maupun kekurangan stok (*stockout*), sedangkan perencanaan permintaan yang salah akan mengakibatkan biaya penyimpanan yang membengkak, terganggunya proses produksi hingga kerugian akibat hilangnya penjualan. Sehingga pentingnya menentukan perencanaan perkiraan permintaan yang tepat melalui pendekatan peramalan (*forecasting*). Peramalan (*forecasting*) rata-rata diterapkan di beberapa area fungsional bisnis dan merupakan salahsatu tools yang cukup ampuh [1].

PT.XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengembangan teknologi atau solusi digital untuk membantu mendukung kegiatan operasional perusahaan di berbagai sektor industri khususnya logistik, transportasi dan rantai pasok. Beberapa layanan yang ditawarkan oleh perusahaan diantaranya manajemen armada, operasi logistik, serta pengoptimalan rantai pasok yang terintegrasi yang dirancang untuk dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas hingga efektivitas pengambilan keputusan. Dengan pemanfaatan inovasi dalam teknologi seperti AI, IoT, analitik data dan sistem real-time yang terintegrasi, menjadikan PT.XYZ sebagai perusahaan yang terdepan di bidangnya. Solusi yang ditawarkan oleh perusahaan diharapkan dapat membantu

pelanggan dalam meningkatkan produktivitas, efektivitas dan kualitas layanan, mendukung transformasi digital pelanggan sehingga proses operasional bisnis menjadi terhubung, transparan dan berkelanjutan. Salahsatu aspek penting didalamnya adalah ketepatan dalam manajemen permintaan komponen suku cadang dari pelanggan, dimana ketepatan dalam memprediksi permintaan material sangat mempengaruhi pengambilan keputusan dalam mengelola persediaan, penjadwalan hingga penyedia layanan yang optimal. Data *history demand* perusahaan menunjukkan adanya fluktuasi permintaan tapi terkendali namun persebaran datanya tidak sepenuhnya seragam (*homogen*). Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi PT. XYZ dalam menentukan stok optimal.

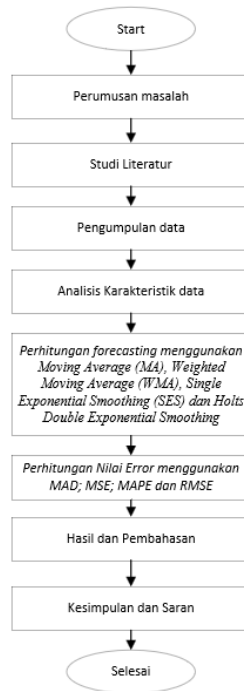
Ketidakakuratan dalam memprediksi demand berpotensi mengakibatkan kelebihan stok (*overstock*) maupun kekurangan stok (*stokout*) sehingga mengganggu kelancaran operasional Perusahaan. Dalam proses operasionalnya, manajemen permintaan menjadi tantangan bagi PT. XYZ untuk menghasilkan prediksi yang tepat dan akurat berdasarkan permintaan yang tidak pasti. Hal tersebut akan berdampak dalam pengambilan keputusan, sehingga diperlukan metode peramalan permintaan yang tepat. Beberapa metode peramalan kuantitatif yang paling sering digunakan diantaranya metode berbasis *time series Moving Average* (MA), *Weighted Moving Average* (WMA), dan *Exponential Smoothing* [2]. Kemudian penentuan metode peramalan terpilih diperlukan untuk melihat akurasi ketepatan hasil peramalan guna mendukung efisiensi secara keseluruhan [3]. Makin kecil nilai kesalahan (*error*) maka makin tinggi tingkat keakuratan peramalan, demikian juga sebaliknya. Beberapa indikator untuk menilai akurasi permintaan diantaranya *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) dan RMSE.

Penggunaan metode *forecasting* untuk memprediksi kebutuhan bahan bakar menggunakan *Moving Average*, *Weighted Moving Average*, *Exponential Smoothing* dan *Linier Regression* dengan hasil pengolahan bahwasanya *Moving Average* terpilih sebagai metode *forecasting* terbaik dengan nilai akurasi MAPE 3,4% [4]. Prediksi stok bahan baku juga dilakukan penelitian lain, dimana menggunakan metode *forecast* untuk meramalkan bahan baku pakan ternak dan terpilihnya metode *Weighted Moving Average* (WMA) dengan nilai MAPE 44% [5]. Penggunaan ketiga metode *Moving Average* (MA), *Weighted Moving Average* (WMA), dan *Exponential Smoothing* pada UMKM makanan, menghasilkan keakuratan paling dalam prediksi jangka pendek pada metode *Exponential Smoothing* [6]. Penelitian lainnya terkait prediksi permintaan Batubara dengan membandingkan metode *Moving Average* (MA), *Single Exponential Smoothing* (SES), and *Holt's Double Exponential Smoothing* (DES), menunjukkan bahwa metode *Holt's DES* mencapai kinerja terbaik dengan error 6,21% dapat mendukung perencanaan pengadaan, pengendalian persediaan dan meningkatkan praktik manajemen [7]. Metode *Exponential Smoothing* dengan nilai α 0,2 juga terpilih sebagai metode peramalan yang memiliki error terkecil yang digunakan untuk memprediksi permintaan produk-produk bahan bangunan [8]. Penelitian lainnya ingin menguji akurasi metode peramalan yang digunakan untuk tipe data trend dan non musiman menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* (SES), *Adaptive-Response Rate Single Exponential Smoothing* (ARRSES) dan *HOLT'S linear* menunjukkan bahwa hasil metode *HOLT'S linear* dengan persentase kesalahan 0-0,29% menjadi yang terbaik [9]. Perbandingan ketiga metode *moving average*, *double exponential smoothing*, dan *linear regression* digunakan untuk memprediksi produk percetakan dan kemasan, menghasilkan metode metode *linear regression* lebih efektif dalam menangkap pola trend permintaan [10]. Selain itu penelitian dilakukan pada retail penjualan busana muslim dan Muslimah, menghasilkan penggunaan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dengan parameter $\alpha = 0,9$; $\beta = 0,1$; dan $\gamma = 0,1$ menunjukkan pendekatan yang efektif dalam memprediksi peramalan dengan persentase kesalahan 0,62% [11].

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, maka penting sekali dalam menentukan metode peramalan yang tepat yang dilihat dari akurasi kesalahan. Setiap metode yang ada memiliki kemampuan yang berbeda dalam menangani karakteristik data permintaan yang ada. Oleh karena itu, pada penelitian ini diperlukan analisis membandingkan beberapa metode peramalan diantaranya metode *Moving Average* (MA), *Weighted Moving Average* (WMA), *Single Exponential Smoothing* (SES) dan *Holts Double Exponential Smoothing* (*Holts DES*) untuk memperoleh hasil yang terbaik yang telah sesuai dengan karakteristik data permintaan PT.XYZ. Hasil penelitian ini diharapkan mampu membantu perusahaan dalam menentukan metode peramalan terbaik yang dilihat dari akurasi kesalahan terkecil guna mendukung dalam pengambilan keputusan operasional bisnis

Metode Penelitian

Jenis pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Tahapan yang dilakukan diantaranya adalah penentuan identifikasi masalah terlebih dahulu kemudian dilakukan pengumpulan data, pengolahan data, analisa hasil dan kesimpulan saran. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Permasalahan dalam penelitian ini yaitu diperlukannya metode untuk dapat memprediksi permintaan komponen suku cadang PT.XYZ. Jenis pengumpulan data yang digunakan berupa data primer yang berupa data history permintaan konsumen dan data sekunder yang diperoleh dari studi pustaka maupun wawancara langsung kepada PT.XYZ. Kemudian dilakukan analisis karakteristik data terlebih dahulu untuk dapat mengetahui gambaran awal data yang digunakan seperti apa dan lanjut ke tahap pengolahan data, dilakukannya peramalan berdasarkan data history permintaan konsumen dengan membandingkan keempat metode yaitu *Moving Average* (MA), *Weighted Moving Average* (WMA), *Single Exponential Smoothing* (SES) dan *Holts Double Exponential Smoothing* (Holt's DES). Parameter yang digunakan dalam perhitungan peramalan Metode MA menggunakan 3 hingga 5 periode pembagi, WMA menggunakan 3 periode dengan bobot 20%, 30%, 50% dan 4 periode dengan bobot 10%, 20%, 30%, 40%. Penggunaan jumlah periode disesuaikan dengan beberapa penelitian yang menggunakan periode 4-5 periode dalam perhitungan. Untuk metode SES menggunakan konstanta nilai α 0,1; 0,2 dan 0,3 dimana penggunaan nilai α kecil cenderung memberikan hasil yang lebih baik dengan persentase error yang lebih kecil [18]. Metode *Holts* DES menggunakan konstanta nilai α dan β yang berbeda-beda secara berurutan 0,1 dan 0,05; 0,2 dan 0,1; serta 0,3 dan 0,2. Penggunaan nilai β yang lebih rendah dari nilai α menghasilkan nilai error yang lebih kecil [19]. Setelah dilakukan perhitungan *forecast*, dilanjutkan dengan menghitung nilai error menggunakan MAD, MSE, MAPE dan RMSE untuk dicari metode manakah yang memberikan nilai error paling kecil. Tahap terakhir dilakukan analisis hasil pembahasan terkait metode terpilih kemudian kesimpulan dan saran. Penjelasan terkait rumus metode peramalan dan uji kesalahan dapat dilihat sebagai berikut:

Forecasting

Masa datang memiliki unsur ketidakpastian yang tinggi, sehingga memerlukan suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk meminimalisir ketidakpastian tersebut. Salahsatu pendekatan yang digunakan yaitu peramalan atau *forecasting*. *Forecasting* digunakan dalam pengambilan keputusan bagi manajemen dalam merencanakan prediksi kebutuhan akan permintaan (*demand*) dimasa yang akan datang dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti waktu kejadian, kualitas, kuantitas dan parameter-parameter lainnya [12]. *Forecasting* adalah awal perencanaan, dimana sebelumnya perlu adanya perkiraan terkait kondisi selama periode mendatang. Keakuratan *forecasting* sangat penting terutama untuk *forecasting* permintaan yang tidak teratur ataupun terputus-putus [13]. Dalam melakukan *forecasting*, diperlukan data history penjualan sebagai sebelumnya sebagai input. Hasil *forecasting* biasanya digunakan sebagai acuan dalam memproduksi ataupun menentukan persediaan yang dibutuhkan untuk memenuhi *demand*. Metode *forecasting* dibagi menjadi dua, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif berdasarkan pendapat dari para ahli, sedangkan metode kuantitatif berdasarkan data yang tersedia. *Time series* merupakan salah satu metode kuantitatif yang digunakan, dimana dibutuhkan data yang dikumpulkan melalui rangkaian observasi kemudian data tersebut dapat dilihat polanya [14]

Moving Average

Metode peramalan *Moving Average* (rata-rata bergerak) menggunakan rata-rata permintaan untuk periode yang tetap. Dilakukan pengambilan sekelompok data melalui observasi dengan mencari rata-rata sebagai hasil peramalan untuk periode mendatang [1]. Semakin Panjang periode pengambilan data, maka akan semakin halus.

$$F_t = \frac{\sum \text{demand periode sebelumnya}}{n}$$

dimana n adalah jumlah periode dari moving average

Selain metode *moving average*, terdapat metode *Weighted Moving Average* (WMA) yang hampir sama seperti metode rata-rata bergerak akan tetapi terdapat pembobotan didalamnya. Teknik pemberian bobot berbeda berdasarkan data yang ada, dimana data terakhir diberikan bobot yang lebih besar dengan total bobot sama dengan satu. Penentuan bobot secara subjektif atau tergantung dengan opini analisis data [6].

$$F_t = \frac{\sum (\text{bobot periode } n)(\text{demand periode } n)}{\sum \text{bobot}}$$

Single Exponential Smoothing (SES)

Merupakan metode rata-rata (*averaging*) yang bereaksi lebih kuat terhadap perubahan yang baru terjadi. Metode ini didasarkan pada pemulusan (*smoothing*) pada deret nilai data masa lalu dengan cara penurunan kesalahan acak (*random error*). Perhitungan menggunakan nilai perkiraan pada periode t+1 yaitu nilai actual periode t ditambahkan penyesuaian kesalahan nilai prakiraan pada periode t yg disebut alpha. Rumus *Single Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut: [15].

$$F_{t+1} = a D_t + (1 - a)F_t$$

dimana D_t adalah demand pada periode t; F_t adalah forecast pada periode t dan a adalah bobot konstanta penghalusan

Holts Double Exponential Smoothing (Holts DES)

Metode ini diterapkan untuk pola data yang menunjukkan trend. Metode ini didasarkan pada pemulusan (*smoothing*) dengan dua komponen yaitu level dan trend untuk dapat menangkap peningkatan atau penurunan permintaan. Level menunjukkan estimasi nilai data yang dihaluskan, sedangkan trend menunjukkan estimasi pertumbuhan rata-rata [16]. Berikut rumus yang digunakan dalam perhitungan Holts DES:

$$\begin{aligned} S_t &= a D_t + (1 - a)(S_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t &= \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \\ F_{t+m} &= S_t + T_t m \end{aligned}$$

dimana

S_t = Nilai level

T_t = Nilai trend

a = Nilai konstanta pada periode ke

β = Nilai trend pada periode ke

m = Periode ke depan yang akan diramalkan

Verifikasi dan Validasi Forecasting

Metode Penilaian akurasi dari metode peramalan berdasarkan indikator nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). MAD merupakan ukuran kesalahan yang menggunakan rata-rata kesalahan absolut selama periode yang dijadikan dasar untuk peramalan tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan kenyataannya.

$$MAD = \frac{\sum | \text{demand} - \text{forecast} |}{\text{jumlah periode}}$$

MSE merupakan ukuran kesalahan yang menggunakan rata-rata kuadrat kesalahan selama periode yang dijadikan dasar untuk peramalan. MSE dihitung berdasarkan atas penjumlahan tiap periode kesalahan dikuadratkan, kemudian dibagi dengan jumlah periode yang dijadikan dasar untuk peramalan.

$$MSE = \frac{\sum (\text{demand} - \text{forecast})^2}{\text{jumlah periode}}$$

MAPE merupakan ukuran kesalahan yang menggunakan persentase kesalahan-kesalahan absolut selama periode yang dijadikan dasar untuk peramalan. MAPE dihitung menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai permintaan aktual untuk periode tersebut, kemudian merata-rata kesalahan presentasi absolut tersebut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{\text{demand periode } t - \text{forecast periode } t}{\text{demand periode } t} \right|$$

RMSE adalah hasil kuadrat dari MSE yang digunakan untuk mengestimasi kesalahan pengukuran dengan melihat nilai deviasi antara aktual dengan hasil *forecast*. Pemilihan metode terbaik dilihat dari nilai RMSE yang paling kecil. Berikut rumus persamaanya : [17]

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

Hasil Dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data permintaan seluruh komponen suku cadang selama kurun waktu satu tahun sebagai data history dalam rekap data dalam hari. Satuan produk yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu dalam satuan karton, dikarenakan permintaan dari konsumen lebih banyak menggunakan karton daripada satuan. Setelah data didapatkan, maka proses yang dilakukan pertama kali adalah melakukan analisis karakteristik data.

Data yang telah didapatkan dianalisis untuk dapat mengetahui pola penyebaran, variasi maupun karakteristik distribusi data sehingga dapat memberikan pemahaman terkait kualitas data. Hasil statistik dan uji distribusi menunjukkan bahwa sebagian besar data yang dimiliki berdistribusi normal dan sebagian lainnya berdistribusi Gamma, Weibull dan Lognormal. Selain itu, variasi yang dimiliki data relatif rendah menuju sedang dengan nilai *coefficient of variation* < 30%. Secara keseluruhan menunjukkan bahwasanya karakteristik dari data yang didapat cukup stabil dan dapat digunakan dalam proses perhitungan *forecasting* selanjutnya.

Tahap berikutnya dilakukan perhitungan *forecasting* dengan keempat metode yang ada untuk dilihat perbandingannya. Adapun penjelasan pada tahap ini sebagai berikut:

Metode Moving Average

Metode ini menggunakan perhitungan untuk 3 periode, 4 periode dan 5 periode. Berdasarkan rumus yang telah dijelaskan pada bagian Tinjauan Pustaka, berikut contoh perhitungannya untuk masing-masing periode yang ada dengan data harian yang dimiliki. Misal, dalam kurun waktu 5 hari terdapat permintaan sejumlah 15, 17, 16, 15 dan 17, maka perhitungannya menjadi:

- Forecast 3 periode : $F_4 = \frac{(15+17+16)}{3} = 16$
- Forecast 4 periode : $F_5 = \frac{(15+17+16+15)}{4} = 15,75$
- Forecast 5 periode : $F_6 = \frac{(15+17+16+15+17)}{5} = 16$

begitu seterusnya untuk perhitungan data-data lainnya hingga data terakhir yang dimiliki.

Metode Weighted Moving Average (WMA)

Metode ini menggunakan perhitungan 3 periode dengan bobot 20%, 30%, 50% dan 4 periode dengan bobot 10%, 20%, 30%, 40%. Berdasarkan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya, berikut contoh perhitungannya untuk masing-masing periode yang ada dengan data harian yang dimiliki. Misal, dalam kurun waktu 4 hari terdapat permintaan sejumlah 15, 17, 16 dan 15, maka perhitungannya menjadi:

- Forecast 3 periode : $F_4 = \frac{(20\% \times 15) + (30\% \times 17) + (50\% \times 16)}{3} = 16$
- Forecast 4 periode : $F_5 = \frac{(10\% \times 15) + (20\% \times 17) + (30\% \times 16) + (40\% \times 15)}{4} = 15,7$

begitu seterusnya untuk perhitungan data-data lainnya hingga data terakhir yang dimiliki.

Metode Single Exponential Smoothing (SES)

Metode ini menggunakan konstanta nilai alpha 0,1; 0,2 dan 0,3. Berdasarkan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya, berikut contoh perhitungannya untuk masing-masing periode yang ada dengan data harian yang dimiliki. Misal diketahui permintaan dan *forecast* periode sebelumnya yaitu 15 dan 12,36; maka perhitungannya menjadi:

- Forecast $\alpha = 0,1 \rightarrow F_{t+1} = (0,1)(15) + (1 - 0,1) 12,36 = 12,624$
- Forecast $\alpha = 0,2 \rightarrow F_{t+1} = (0,2)(15) + (1 - 0,2) 12,36 = 12,888$
- Forecast $\alpha = 0,3 \rightarrow F_{t+1} = (0,3)(15) + (1 - 0,3) 12,36 = 13,152$

begitu seterusnya untuk perhitungan data-data lainnya hingga data terakhir yang dimiliki.

Metode Holts Double Exponential Smoothing (Holts DES)

Metode ini menggunakan konstanta nilai alpha (α) dan beta (β) yang berbeda-beda secara berurutan 0,1 dan 0,05; 0,2 dan 0,1; serta 0,3 dan 0,2. Berdasarkan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya, berikut contoh perhitungannya $\alpha=0,2$ $\beta=0,1$ dengan permisalan demand 17, nilai $S_{t-1}=15$ dan $T_{t-1}=2$ adalah :

$$S_t = (0,2)(17) + (1 - 0,2)(15 + 2) = 17$$

$$T_t = 0,1(17 - 15) + (1 - 0,1)2 = 2$$

$$F_{t+m} = 17 + 2 = 19$$

begitu seterusnya untuk perhitungan dengan menggunakan nilai nilai alpha (α) dan beta (β) lainnya

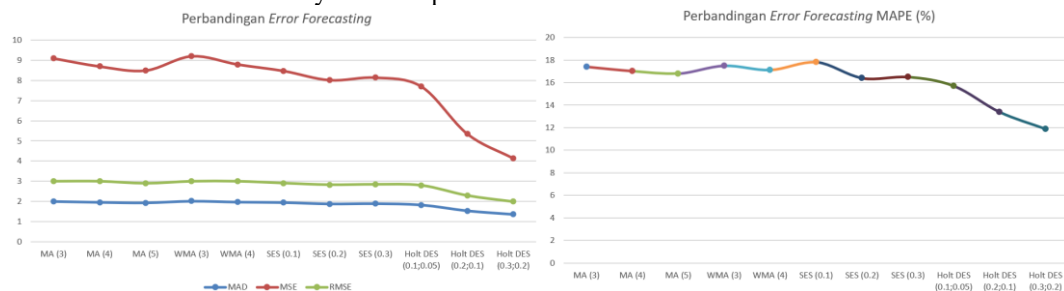
Uji kesalahan (error)

Setelah dilakukan proses perhitungan *forecasting* keempat metode yang ada, berikutnya perlu dilakukan perhitungan untuk melihat akurasi dari metode *forecasting* yang ada. Penilaian akurasi dilihat dari nilai error yang ada untuk masing-masing metode melalui MAD, MSE, MAPE, RMSE. Secara umum, metode *forecasting* dengan nilai MAD, MSE, MAPE dan RMSE terkecil dianggap sebagai metode yang memiliki akurasi yang tinggi dikarenakan dianggap memiliki kesalahan atau error peramalan yang rendah. Adapun perbandingan nilai error dari asing-masing metode dapat dilihat Tabel 1.

Tabel 1. Analisis perbandingan uji kesalahan *forecast*

Metode	MAD	MSE	RMSE	MAPE
MA (3 periode)	2,002	9,1	3,0	17,4%
MA (4 periode)	1,960	8,7	3,0	17,0%
MA (5 periode)	1,936	8,5	2,9	16,8%
WMA (3 periode)	2,016	9,21	3,0	17,5%
WMA (4 periode)	1,971	8,80	3,0	17,1%
SES ($\alpha=0,1$)	1,95	8,48	2,91	17,80%
SES ($\alpha=0,2$)	1,882	8,024	2,83	16,39%
SES ($\alpha=0,3$)	1,895	8,150	2,85	16,50%
Holts DES ($\alpha=0,1$; $\beta=0,05$)	1,83	7,7	2,8	15,7%
Holts DES ($\alpha=0,2$; $\beta=0,1$)	1,54	5,35	2,3	13,4%
Holts DES ($\alpha=0,3$; $\beta=0,2$)	1,365	4,14	2,0	11,9%

Berdasarkan hasil perhitungan, menunjukkan bahwa tingkat akurasi *forecasting* untuk masing-masing metode berbeda-beda berdasarkan nilai MAD, MSE, RMSE dan MAPE. Dimana pemilihan nilai error yang paling kecil menandakan semakin akuratnya metode peramalan tersebut.



Gambar 2. Grafik perbandingan error

Pada metode *Moving Average* (MA), semakin panjang penggunaan periode perhitungan menunjukkan adanya peningkatan akurasi walaupun tidak begitu signifikan. Hal ini dilihat dari nilai di periode 3 untuk MAD 2,002 turun menjadi 1,936 pada periode 5, nilai MSE dari 9,1 turun menjadi 8,5 dan juga nilai MAPE dari 17,4% menjadi 16,8%. Metode *Weighted Moving Average* (WMA) juga sama seperti metode *Moving Average* (MA), dimana semakin Panjang periode perhitungan terdapat peningkatan akurasi walaupun tidak begitu signifikan. Nilai MAD 2,016 turun menjadi 1,971, nilai MSE 9,21 turun ke 8,80 dan juga MAPE 17,5% turun ke 17,1%.

Pada metode *Single Exponential Smoothing* (SES) menunjukkan bahwa dengan perubahan nilai konstanta atau alpha kana mempengaruhi hasil akurasi *forecasting*. Hasil yang didapatkan bahwa penggunaan nilai $\alpha=0,2$ sebagai parameter yang paling sesuai untuk digunakan dengan nilai MAD=1,882 ; MSE=8,024 dan MAPE=16,39%. Selain itu, penggunaan konstanta yang lebih kecil ternyata tidak selalu lebih baik, hal ini dibuktikan dengan penggunaan $\alpha=0,3$ memiliki akurasi yang lebih dilihat dari nilai MAD, MSE dan MAPE yang lebih kecil dari hasil nilai pada $\alpha=0,1$. Sedangkan metode *Holts Double Exponential Smoothing* (Holts DES) memberikan hasil yang lebih baik dari metode *forecasting* lainnya. Peningkatan penggunaan nilai konstanta alpha dan beta juga memberikan hasil yang makin baik. Hal ini dapat dilihat dari adanya penurunan nilai MAD dari 1,83 menjadi 1,365, nilai MSE turun dari 7,7 ke 4,14 dan nilai MAPE 15,7% turun jadi 11,9%.

Secara keseluruhan, metode *Holts Double Exponential Smoothing* (Holts DES) dengan penggunaan parameter $\alpha = 0,3$; $\beta = 0,2$ menghasilkan tingkat akurasi peramalan yang paling tinggi dibandingkan metode lainnya dengan hasil nilai *error* paling kecil untuk seluruh indikator penilaian kesalahan (*error*) MAD=1,365; MSE=4,14 dan MAPE=11,9%. Hasil ini menjelaskan bahwa metode DES mampu mengakomodasi untuk data yang memiliki kecenderungan trend dengan misahkan *smoothing* antara komponen level dan trend pada data permintaan konsumen sehingga estimasi hasil *forecasting* lebih akurat [20] dibandingkan metode MA, WMA dan SES. Nilai MAPE sebesar 11,9% tergolong kedalam tingkat akurasi kategori baik. Implementasi penggunaan

metode *Holts DES* dalam proses perencanaan permintaan pada operasional PT.XYZ selanjutnya dapat dikembangkan lagi dengan perhitungan inventory maupun integrasi ERP.

Simpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, diantara keempat metode *forecasting* yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa metode *Holts Double Exponential Smoothing (Holts DES)* dengan parameter $\alpha = 0,3$; $\beta = 0,2$ menjadi metode yang terbaik dibandingkan metode *Moving Average (MA)*, *Weighted Moving Average (WMA)*, dan *Single Exponential Smoothing (SES)*. Hasil tingkat akurasi metode peramalan dilihat melalui nilai $MAD = 1,365$; $MSE = 4,14$ dan $MAPE = 11,9\%$ menghasilkan nilai *error* paling kecil diantara metode lainnya. Metode *Holts DES* layak direkomendasikan sebagai metode *forecasting* yang paling sesuai untuk diimplementasikan pada PT.XYZ sehingga manfaat yang dihasilkan dapat mendukung efisiensi pengadaan, produksi dan pengendalian persediaan serta membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan.

Keterbatasan penelitian ini ada pada periode pengambilan data *history demand* hanya satu tahun. Penelitian berikutnya dapat periode pengambilan data lebih dari satu tahun dan dihitung kembali kemudian dibandingkan. Selain itu, saran penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode *time series* yang lebih kompleks untuk mendapatkan hasil yang lebih sesuai.

Daftar Pustaka

- [1] M. P. Prasetyawan and Y. C. Winursito, "Implementasi metode forecasting dalam pengendalian bahan baku jagung dan gandum pada PT ABC," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 190–199, Jan. 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.39308.
- [2] T. Juniarto, B. Santoso, A. Noor Faiz, and T. Juniarto tuwandijuniarto, "Peramalan Produksi Pupuk NPK Menggunakan Metode Moving Average, Weighted Moving Average Dan Exponential Smoothing Di PT. XYZ Forecasting NPK Fertilizer Production Using Moving Average, Weighted Moving Average and Exponential Smoothing Methods at PT. XYZ," *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 10, pp. 76–85, 2025.
- [3] B. Jorgi, A. Kusumawati, Z. A. Prabowo, M. Hamdani, I. G. P. S. Gandhi, and A. R. Nugraha, "Analisis Peramalan dengan Metode Moving Average dan Exponential Smoothing dalam Perencanaan dan Pengendalian Produksi Pabrik Tempe Jombang," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 8, no. 3, pp. 2929–2936, Jul. 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i3.47312.
- [4] F. S. Lubis, Hanifah, and F. P. Mayuta, "Analisis Peramalan (Forecasting) Jumlah Pemakaian Bahan Bakar PLTD Bengkalis pada PT. PLN UP3 Dumai," *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri*, Oct. 2023.
- [5] S. N. Maida and S. Dewi, "Analisis peramalan kebutuhan raw material di perusahaan pakan ternak dengan menggunakan metode time series," *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 8, pp. 631–639, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.38326.
- [6] W. A. Marlina and Annisa Okti Amri, "Forecasting Moving Average dan Exponential Smoothing di Usaha Erina, Payakumbuh," *Jurnal Riset Teknik Industri*, pp. 115–128, Dec. 2024, doi: 10.29313/jrti.v4i2.4752.
- [7] R. Indra Maulana and I. Iftadi, "Application of Exponential Smoothing Models for Coal Demand Forecasting in Cement Plants," *Teknoin*, vol. 31, Jun. 2026.
- [8] A. Lusiana and P. Yuliarty, "Penerapan Metode Peramalan (Forecasting) Pada Permintaan Atap di PT X," *Industri Inovatif - Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, pp. 11–20, Mar. 2020.
- [9] W. Wiyanti, "Effectiveness of Single and Double Exponential Smoothing: SES, ARRSSES and Holt's Linear for Time Series Data Prediction with Trend and Non-seasonal Characteristic (Covid-19 Vaccinate Case)," *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, vol. 20, no. 1, pp. 52–64, Sep. 2023, doi: 10.20956/j.v20i1.27193.
- [10] B. Alam Nasution *et al.*, "Analisis Komparatif Teknik Peramalan Double Exponential Smoothing, Moving Average, dan Linear Regression Pada Permintaan Item Outer Generic Uli," *INDUSTRIKA*, vol. 10, no. 1, Jan. 2026, [Online]. Available: <https://jurnal.utb.ac.id/index.php/indstrk>
- [11] E. Tasia, N. Nazira, Q. A'yuniyah, M. H. Fikri, and A. N. Am, "Analisis Model Manajemen Permintaan SCM dan Peramalan Penjualan Busana Menggunakan Metode Holt-Winter Exponential Smoothing," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 6, no. 4, pp. 1303–1312, Oct. 2023, doi: 10.31004/jutin.v6i4.20313.
- [12] N. N. Putri, M. K. Fadilla, and A. Wulandari, "Analisis Pengendalian Bahan Baku dan Peramalan Produksi Minuman Jeli untuk Kontinuitas Produksi," *Factory Jurnal Industri, Manajemen dan Rekayasa Sistem Industri*, vol. 4, no. 3, pp. 350–360, Apr. 2026, doi: 10.56211/factory.v4i3.1222.

- [13] S. A. Mentari, T. Susanto, and A. Budipriyanto, "Analisis Forecasting Erratic Demand Dan Safety Stock Laptop Dan Notebook User (Studi Kasus Di Pt Bank XYZ)," *Management, and Industry (JEMI)*, vol. 5, no. 2, pp. 65–80, 2022, doi: 10.36782/jemi.v5i2.2234.
- [14] C. Jesselyn and S. Dewi, "Implementasi Metode Peramalan (Forecasting) Pada Penjualan Kuas di PT ABC," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 101–1009, Dec. 2023, doi: 10.55606/jtmei.v3i1.3222.
- [15] L. Gozali, S. Chandra, N. Velany Putri, C. Olyvia Doaly, and V. Triyanti, "Determination Of The Best Forecasting Method From Moving Average, Exponential Smoothing, Linear Regression, Cyclic, Quadratic, Decomposition And Artificial Neural Network At Packaging Company," 2021.
- [16] S. Manullang and A. Mansyur, "Peramalan Penjualan Beras Di Perum Bulog Sub Divre Medan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing," *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, vol. 2, pp. 26–36, Apr. 2023.
- [17] A. K. Pasyah, I. Nurisusilawati, and F. Romadlon, "Analisis Perbandingan Metode Peramalan Pada Produksi Air di PDAM XYZ," *Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, vol. 13, no. 2, pp. 109–121, Apr. 2025, doi: 10.31001/tekinfo.v13i2.2306.
- [18] Z. A. Gultom, I. Windiarti, and M. A. Wardana, "Evaluasi Pengaruh Parameter Alpha terhadap Akurasi Metode Single Exponential Smoothing pada Data Persediaan Barang Retail," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIRSI)*, vol. 5, no. 2, pp. 506–514, May 2026, [Online]. Available: <https://jurnal.unity-academy.sch.id/index.php/jirsi/index506>
- [19] B. D. Cahyono, D. Swanjaya, and S. Rochana, "Perbandingan Metode Exponential Smoothing Pada Prediksi Harga Penutupan Harian Cryptocurrency Penulis Korespondensi," *Prosiding SEMNAS INOTEK*, vol. 8, pp. 792–799, Aug. 2024.
- [20] Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021) *Forecasting: principles and practice*, 3rd edition, OTexts: Melbourne, Australia. OTexts.com/fpp3. Accessed on <29 April 2026>