

IMPLEMENTASI MODEL TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING GUNA MEMPREDIKSI PERSEDIAAN PRODUK BERBASIS WEBSITE

Mohammad Aufa Hanif^{1, a)} dan Sri Ngudi Wahyuni^{2, b)}

¹⁾Jurusan Sistem Informasi, ²⁾ Jurusan Manajemen Informatika
Universitas AMIKOM Yogyakarta, Jl. Ring Road Utara, Yogyakarta 55281, Indonesia

Author Emails

^{a)} Corresponding author: aufahanif@student.amikom.ac.id

^{b)} yuni@amikom.ac.id

Abstract. *The expanding retail industry is faced with significant challenges in product inventory management, which can affect overall business performance. Supply delays, shortages or overstocks, and operational issues are the main focuses that require effective solutions. To deal with inventory management issues, this research proposes the development of a web application by implementing the Triple Exponential Smoothing (TES) model to accurately predict product inventory. This method was chosen for its ability to handle non-linear trends and seasonal components, which are often important aspects of retail industry time-series data. The TES model results were successfully applied to analyze sales patterns using data from Kaggle, specifically <https://www.kaggle.com/datasets/samueltcortinhas/time-series-practice-dataset>. The sample data is limited to item number 0 with store ID number 0 from January 2010 to December 2018, forming the basis of the research to provide an in-depth analysis of the efficient use of TES in the context of inventory management. The implementation process involves the selection of optimal parameters ($\alpha=0.3$, $\beta=0.02$, and $\gamma=0.3$), which are tested and evaluated using evaluation metrics such as Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Mean Squared Error (MSE). The test results show that the TES model can provide accurate product inventory predictions, with a MAPE value of 0.4413 and MSE of 28147.085. The data projection also shows a strong match between the predicted results and the actual data, confirming that the TES model can anticipate changes and fluctuations in the data. These results indicate the potential implementation of the TES model in the retail industry to achieve optimal inventory and optimize budget allocation. Overall, this study successfully integrated the TES model as a sales prediction tool and provided stakeholders with a more informational and efficient decision-making tool.*

Keywords : *Triple Exponential Smoothing, product inventory, Time-series data, Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Squared Error (MSE).*

Abstraksi. Industri ritel yang terus berkembang dihadapkan pada tantangan signifikan dalam pengelolaan persediaan produk, yang dapat mempengaruhi kinerja bisnis secara keseluruhan. Keterlambatan penyediaan, kekurangan atau kelebihan stok, dan masalah operasional menjadi fokus utama yang membutuhkan solusi efektif. Dalam upaya menghadapi masalah pengelolaan persediaan, penelitian ini mengusulkan pengembangan aplikasi web dengan mengimplementasikan model Triple Exponential Smoothing (TES) guna memprediksi persediaan produk dengan akurat. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani tren non-linier dan komponen musiman, yang sering kali menjadi aspek penting dalam data time-series industri ritel. Hasil model TES berhasil diterapkan untuk menganalisis pola penjualan menggunakan data dari Kaggle, terutama <https://www.kaggle.com/datasets/samueltcortinhas/time-series-practice-dataset>. Data sampel terbatas pada item nomor 0 dengan store id nomor 0 dari Januari 2010 hingga Desember 2018, membentuk dasar penelitian untuk memberikan analisis mendalam tentang efisiensi penggunaan TES dalam konteks manajemen persediaan. Proses implementasi melibatkan pemilihan parameter optimal ($\alpha=0.3$, $\beta=0.02$, dan $\gamma=0.3$), yang diuji dan dievaluasi menggunakan metrik evaluasi seperti Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Mean Squared Error (MSE). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model TES mampu memberikan prediksi persediaan produk dengan akurat, dengan nilai MAPE sebesar 0.4413 dan MSE sebesar 28147.085. Pada proyeksi data juga menunjukkan kesesuaian yang kuat antara hasil prediksi dan data aktual, menegaskan bahwa model TES dapat mengantisipasi perubahan dan fluktuasi data. Hasil ini menunjukkan potensi implementasi model TES dalam industri ritel untuk mencapai persediaan yang optimal dan mengoptimalkan alokasi anggaran. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengintegrasikan model TES sebagai alat

prediksi penjualan dan memberikan pemangku kepentingan alat pengambilan keputusan yang lebih informasional dan efisien..

Kata Kunci : Triple Exponential Smoothing, persediaan produk, prediksi, Data time-series, Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Squared Error (MSE).

PENDAHULUAN

Persediaan produk merupakan hal penting dalam perencanaan bisnis. Perencanaan stock produk yang baik akan memberikan strukturisasi bisnis yang berimbang pada kenaikan profit yang signifikan dan berfokus pada entitas bisnis seperti toko dan minimarket [1], [2]. Oleh sebab itu keterlambatan penyediaan, masalah kekurangan atau kelebihan stok serta masalah operasional atau penganggaran pada pengelolaan produk perlu prediksi yang akurat. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu upaya untuk mengatasi prediksi stock produk menggunakan model prediksi yang tepat. Salah satu model prediksi paling sederhana yang dapat digunakan untuk prediksi data time series adalah eksponensial smoothing. Metode ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *Single Exponential Smoothing* (SES), *Double Exponential Smoothing* (DES), dan *Triple Exponential Smoothing* (TES). Metode TES dipilih karena unggul dalam meramalkan data time series, salah satunya adalah prediksi stock. Model ini unggul dalam menangani kasus dengan model data tren non-linier dan komponen musiman yang signifikan menjadi pertimbangan utama. Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan penelitian ini adalah melakukan prediksi stock produk menggunakan model TES.

Penerapan prediksi stok dalam konteks bisnis membawa manfaat signifikan dengan meningkatkan efisiensi operasional dan profitabilitas. Selain itu, penggunaan prediksi stok untuk mengoptimalkan persediaan memungkinkan perusahaan mengetahui permintaan masa depan, sehingga dapat mengelola tingkat persediaan secara optimal dan menghindari risiko kekurangan atau kelebihan stok yang dapat menyebabkan kerugian. Prediksi stok barang yang berhasil memberikan sejumlah keunggulan bagi perusahaan, membantu meningkatkan kinerja operasional dan keuntungan. Beberapa manfaat dari penerapan prediksi stok barang adalah (1) Optimasi Persediaan: Melalui prediksi stok, perusahaan dapat mengoptimalkan tingkat persediaan, menghindari kekurangan atau kelebihan stok. Ini membantu meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi biaya penyimpanan dan memanfaatkan ruang gudang secara maksimal [3], (2) Pelayanan Pelanggan yang Unggul: Dengan memahami dan bereaksi dengan cepat terhadap perubahan dalam permintaan pelanggan, perusahaan dapat memastikan ketersediaan produk yang diinginkan. Ini meningkatkan kepuasan pelanggan dan memperkuat hubungan pelanggan, (3) Pengurangan Biaya Operasional: Dengan mengurangi risiko kekurangan atau kelebihan stok, perusahaan dapat menghemat biaya operasional. Manajemen persediaan yang efisien dan biaya penyimpanan yang terkendali dapat langsung berkontribusi pada peningkatan margin keuntungan, (4) Efisiensi Rantai Pasok: Prediksi stok yang akurat membantu menyelaraskan produksi dan distribusi dengan permintaan pasar. Ini dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok secara keseluruhan, mengurangi keterlambatan dan gangguan dalam proses pasok-menyokong [4], (5) Perencanaan Produksi yang Optimal: Dengan informasi yang akurat tentang permintaan masa depan, perusahaan dapat merencanakan produksi secara lebih efisien. Hal ini membantu menghindari produksi berlebihan atau kekurangan, yang dapat mempengaruhi biaya produksi dan profitabilitas, (6) Manajemen Risiko yang Lebih Unggul: Prediksi stok yang akurat membantu perusahaan mengidentifikasi dan mengelola risiko terkait persediaan, seperti risiko kekurangan stok, risiko perubahan harga bahan baku, dan risiko perubahan tren pasar, (7) Peningkatan Pengambilan Keputusan: Data prediksi stok menyediakan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan strategi. Pemimpin bisnis dapat menggunakan informasi ini untuk merencanakan strategi pemasaran, promosi, dan ekspansi produk, (8) Respons Cepat terhadap Perubahan Pasar: Dengan pemahaman yang lebih baik tentang dinamika pasar, perusahaan dapat merespons perubahan pasar dengan lebih cepat. Hal ini memungkinkan adaptasi yang lebih baik terhadap tren baru dan peluang bisnis [5].

Pada penelitian ini akan mengimplementasikan model TES menggunakan data publik yang bersumber dari Kaggle. Model yang digunakan ini menggunakan pendekatan additive dan multiplicative. Hal ini disebabkan ketergantungan pada bentuk dan kapasitas data. Adapun pengujian penelitian ini menggunakan model Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Mean Squared Error (MSE). Untuk melihat seberapa besar eror model berdasarkan besaran hasil akurasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian menggunakan metode forecasting, seperti Triple Exponential Smoothing (TES), telah menjadi pendekatan yang umum digunakan dalam berbagai studi sebelumnya. Penelitian ini mengacu pada literatur-literatur terdahulu yang telah melakukan analisis sejenis, meskipun dengan fokus yang berbeda untuk membentuk dasar tinjauan pustaka, yang akan memberikan pendukung kuat dalam menguji metode TES untuk menganalisis pola penjualan dan memprediksi kebutuhan persediaan produk yang optimal. Peramalan atau forecasting adalah sebuah metode yang digunakan untuk memprediksi kejadian di masa depan dengan menganalisis beberapa faktor yang diketahui mempengaruhi terjadinya peristiwa tersebut [6]. Peramalan dapat digunakan untuk memprediksi berbagai peristiwa atau kejadian yang digunakan dalam berbagai bidang, termasuk ilmu ekonomi dan bisnis [6]–[11]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Khairina, dkk (2020), peramalan dilakukan untuk memprediksi pendapatan dari perusahaan air lokal. Tujuan penelitian tersebut adalah penelitian tersebut adalah untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas dalam menetapkan target pendapatan di perusahaan air lokal. Penelitian ini juga bertujuan untuk menggantikan metode perhitungan target pendapatan yang saat ini dilakukan secara manual dengan menggunakan model peramalan matematis. Dengan menggunakan data aktual dari lima tahun sebelumnya (Januari 2014 hingga Desember 2018), penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode peramalan, yaitu Double Exponential Smoothing (DES) dan Triple Exponential Smoothing (TES). Dan hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa peramalan menjadi alat yang efektif dalam mendukung kebijakan pemerintah terkait penanganan kemiskinan di wilayah tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari dua metode peramalan yang digunakan, yaitu Double Exponential Smoothing (DES) dan Triple Exponential Smoothing (TES), DES memberikan hasil peramalan terbaik. Pada $\alpha = 0.7$, DES menghasilkan nilai peramalan optimal dengan tingkat kesalahan (MAPE) sebesar 9.54% [6].

Lain halnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Puspita (2020), pada penelitian tersebut model DES dan TES digunakan untuk meramalkan nilai ekspor Indonesia dalam periode masa yang akan datang. Penelitian ini mencoba menentukan metode peramalan yang paling akurat dengan membandingkan hasil Mean Absolute Percentage Error (MAPE) antara kedua metode tersebut. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya ekspor sebagai sumber devisa yang dapat mempengaruhi perekonomian negara dan menjadi indikator kualitas negara. Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode TES lebih akurat untuk meramalkan nilai ekspor Indonesia untuk periode 7 bulan ke depan, yaitu dari Juni 2022 hingga Desember 2022. Kesimpulan ini didasarkan pada perbandingan nilai MAPE, di mana TES memberikan hasil yang mendekati nol yaitu sebesar 6,390015%, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dibandingkan DES dimana nilai MAPE dari model tersebut sebesar 8.511549%. Model TES lebih baik daripada model DES pada kasus studi tersebut karena terdapat pola trend dan musiman sekaligus pada data nilai ekspor Indonesia, sehingga metode Triple Exponential Smoothing paling tepat digunakan untuk memprediksi studi kasus tersebut [7].

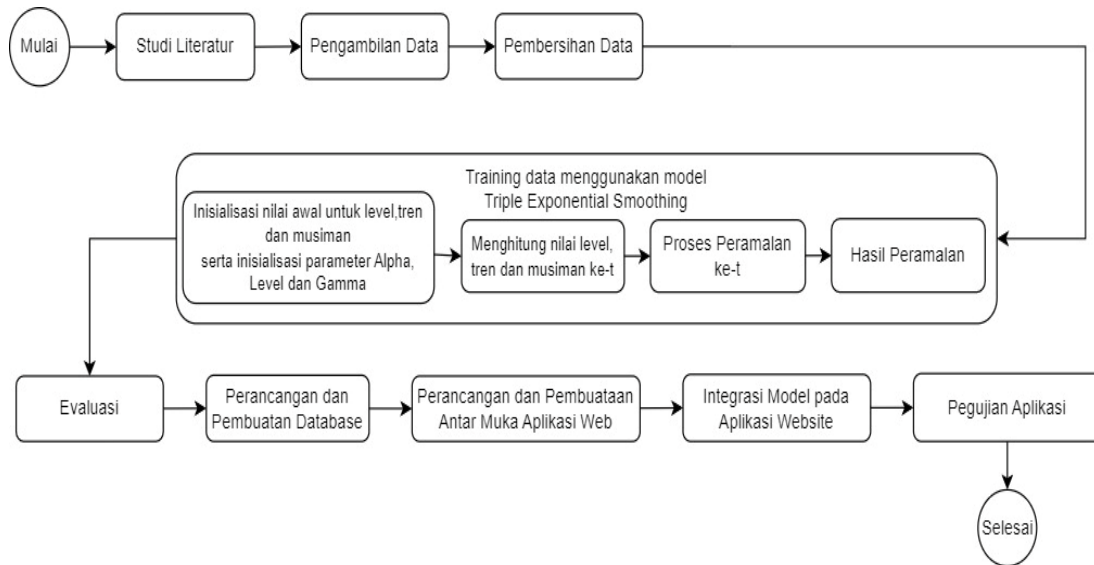
Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Nurvianti, dkk (2019), Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk memberikan solusi dalam meningkatkan kualitas transportasi publik, khususnya kereta api, di Provinsi DKI Jakarta sebagai respons terhadap peningkatan jumlah penduduk. Fokus utama penelitian adalah merencanakan daya tampung kereta api agar dapat memuaskan konsumen, dengan memastikan jumlah penumpang yang optimal sesuai dengan kapasitas yang tersedia. Pada penelitian ini juga peneliti membandingkan dua model, DES dan TES. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan akurasi antara dua metode peramalan tersebut dalam memprediksi jumlah penumpang keberangkatan kereta api. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode TES dengan parameter optimal $\alpha=0,4$, $\beta=0,4$, dan $\gamma=0,1$ memberikan MAPE terkecil sebesar 3,213%. MAPE yang berada di bawah 10% menunjukkan bahwa metode tersebut memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi jumlah penumpang keberangkatan [8]. Dalam pengelolaan persediaan produk, penerapan metode peramalan menjadi sangat penting karena seringkali perusahaan atau para pemangku kepentingan dalam industri toko dan ritel harus mengandalkan prediksi jumlah penjualan barang yang akan datang tanpa perhitungan yang akurat. Hal ini dapat berakibat pada pembelian barang secara berlebihan, yang pada akhirnya dapat mengganggu efisiensi dan keseimbangan stok barang [12] Sebagai solusi, penelitian yang dilakukan oleh Hartomo, dkk (2019) telah mengaplikasikan model Triple Exponential Smoothing (TES) sebagai metode peramalan dan juga menggunakan model FP-Growth sebagai metode asosiasi data, dengan menggunakan model TES dan FP-Growth penelitian tersebut bertujuan dapat mengoptimalkan penjualan. Dalam penelitian ini data yang digunakan memiliki beberapa data pencilan yang mana dapat mempengaruhi hasil dari peramalan namun pada hasil dari penelitian ini dengan menggunakan algoritma FP-Growth menemukan 12 aturan asosiasi, aturan asosiasi yang memiliki nilai lift ratio paling tinggi adalah teh dan gula dengan nilai lift ratio 6.131 dan dengan algoritma TES diperoleh hasil prediksi pada bulan Januari 2018 adalah 131,141 kg dengan tingkat akurasi MAPE 88,3 %. Hasil akurasi prediksi stok dengan metode TES lebih baik dibandingkan prediksi

menggunakan metode ARIMA, nilai pengujian error MAPE prediksi dengan metode ARIMA adalah sebesar 31,68 % [11].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wahyuono, dkk (2022), penelitian tersebut bertujuan untuk meramalkan penjualan ban agar pendistribusian ban lebih optimal dengan menggunakan model TES. Hasil dari penelitian ini dengan menggunakan parameter antara nilai alfa = 0.2, beta = 0.1, dan gamma = 0.2 dengan algoritma TES menghasilkan nilai Mean Square Error (MSE) yang rendah sebesar 0,085 dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yang juga rendah sebesar 0,085. Ini menandakan bahwa model prediksi tersebut dapat memberikan perkiraan yang akurat terkait dengan permintaan ban sepeda motor di masa mendatang [10]. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Sandika, dkk (2023), Pada penelitian ini, peneliti membandingkan dua model untuk meramalkan produksi kernel kelapa sawit. Model yang dibandingkan adalah model Double Moving Average dan TES. Hasil dari pengujian metode Triple Exponential Smoothing dengan parameter $\alpha = 0,2$, $\beta = 0$, $\gamma = 0,2$ didapatkan tingkat kesalahan menggunakan MAPE menghasilkan 9,48% dan 11,2% untuk metode Double Moving Average. Pada hasil MAPE metode Triple Exponential Smoothing dapat dikategorikan sangat baik dan hasil MAPE metode Double Moving Average dikategorikan baik berdasarkan rentang nilai MAPE. Kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan metode terbaik yaitu metode Triple Exponential Smoothing dengan parameter pengujian tersebut [9]. Berdasarkan analisis dari sejumlah penelitian sebelumnya, penulis memilih menggunakan metode Triple Exponential Smoothing (TES) untuk membuat model peramalan pada data penjualan. Keputusan ini didasarkan pada dinamisnya model TES terhadap karakteristik data yang dianalisis. Oleh karena itu, penggunaan TES dianggap sebagai pendekatan yang tepat. Selanjutnya, penulis juga akan melakukan evaluasi terhadap hasil dari model peramalan tersebut menggunakan metrik evaluasi error seperti MAPE dan MSE yang dihasilkan oleh metode tersebut.

METODE PENELITIAN

Adapun alur penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menampilkan rangkaian langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis dalam menjalankan penelitian yang akan diuraikan sebagai berikut:

- a) Studi Literatur. Pencarian dan penelaahan literatur terkait topik penelitian, termasuk peninjauan pustaka untuk memahami penelitian sebelumnya, teori-teori terkait, dan kerangka konseptual.

- b) Pengambilan Data, dilakukan dengan mencari informasi melalui platform online dengan menggunakan data yang bersifat umum atau publik.
- c) Pembersihan data, Memeriksa dan membersihkan data dari duplikat, nilai yang hilang, atau tidak valid. Termasuk penghapusan entri duplikat, penanganan nilai kosong, dan perbaikan format data.
- d) Analisis history penjualan menggunakan metode Triple Exponential Smoothing. Tahap ini melibatkan penerapan algoritma Triple Exponential Smoothing pada data yang telah didapat sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan beberapa tahap seperti berikut:
 - 1) Inisialisasi nilai awal untuk level, tren, dan musiman.
 - 2) Menentukan parameter Alpha, Beta, dan Gamma.
 - 3) Menghitung nilai level, tren, dan musiman ke-t.
 - 4) Proses peramalan menggunakan nilai inisialisasi dan hasil sebelumnya.
- e) Evaluasi. Proses evaluasi menggunakan matriks evaluasi seperti MAPE dan MSE untuk mengevaluasi akurasi model peramalan.
- f) Perancangan dan Pembuatan Basis Data. Basis data dirancang dan dibuat untuk menyimpan data penjualan dan parameter peramalan.
- g) Perancangan dan Pembuatan Antar Muka Aplikasi Website. Antarmuka pengguna (UI) aplikasi website didesain, termasuk tata letak elemen-elemen interaktif.
- h) Integrasi Model dengan Aplikasi Website. Model peramalan diintegrasikan ke dalam aplikasi website sehingga pengguna dapat melakukan prediksi penjualan secara langsung.
- i) Pengujian Aplikasi. Aplikasi web dan model peramalan diuji untuk memastikan fungsionalitas dan hasil peramalan yang akurat dan konsisten.

Pengambilan Data

Data penelitian diambil dari Kaggle (<https://www.kaggle.com/datasets/samuelcortinhas/time-series-practice-dataset?select=train.csv>) dengan fokus pada penjualan produk, terutama pada item 0 dan toko dengan ID 0 dari Januari 2010 hingga Desember 2018. Data mencakup tanggal dan jumlah penjualan.

Triple Exponential Smoothing

Dalam penelitian ini, akan digunakan periode musiman $s = 12$ yang merupakan jumlah bulan dalam satu periode musim. Berikut langkah-langkah metode Triple Exponential Smoothing (TES) dapat dijelaskan sebagai berikut [13]:

1. Menentukan parameter α ($0 < \alpha < 1$), β ($0 < \beta < 1$), γ ($0 < \gamma < 1$).
2. Menghitung pemulusan eksponensial level

$$l_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha) (l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$
3. Menghitung pemulusan eksponensial trend

$$bt = \beta (l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (2)$$
4. Menghitung pemulusan eksponensial level

$$St = \gamma (Y_t - l_t) + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad (3)$$
5. Menghitung permalan

$$Ft = l_{t-1} + (m \times b_{t-1}) + s_{t-1} \quad (4)$$

keterangan :

- F_t = Nilai inisialisasi Musiman untuk periode waktu t.
- l_{t-1} = Nilai level ke-(t-1).
- b_{t-1} = Nilai tren ke-(t-1).
- S_{t-1} = Nilai musiman ke-(t-1).
- m = periode waktu yang akan diramalkan.
- l_t = Nilai level ke-t.
- α = Nilai parameter alpha.
- Y_t = Nilai Aktual ke-t.
- S_{t-s} = Nilai Musiman ke-(t-s), dimana s adalah panjang musiman.
- b_t = Nilai tren ke-t.

- β = Nilai parameter beta.
 - S_t = Nilai musiman ke-t.
 - γ = Nilai parameter gamma.
 - S_{t-s} = Nilai musiman ke-(t-s), dimana s adalah panjang musiman.
- [14].

Metrik Evaluasi

Metrik evaluasi digunakan untuk menilai seberapa akurat atau berkualitas prediksi dalam analisis data. Evaluasi kualitas peramalan dilakukan dengan mempertimbangkan seberapa besar kesalahan antara data yang diprediksi dengan data aktual. Sebuah metode peramalan dianggap baik jika memiliki tingkat kesalahan yang rendah [15].

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Berikut rumus untuk menghitung MAPE: [16], [17].

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (5)$$

dengan

- A_t = Nilai aktual pada periode t.
- F_t = Nilai prediksi pada periode t.
- n = Jumlah observasi atau periode data.

Mean Square Error (MSE)

Berikut rumus untuk menghitung MSE: [10], [13].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (6)$$

dengan

- y_i = Nilai aktual pada periode t.
- \hat{y}_i = Nilai prediksi pada periode t.
- n = Jumlah observasi atau periode data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Model Triple Exponential Smoothing

Bagian ini merincikan proses pengujian aplikasi yang telah dikembangkan melalui integrasi metode Triple Exponential Smoothing. Metode pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil komputasi dengan excel dengan hasil komputasi aplikasi tersebut. Penelitian ini melakukan pengujian model TES menggunakan data yang bersumber dari website kaggle yang mana data penjualan mencakup informasi tentang jumlah penjualan dan tanggal penjualan. Namun, dalam perhitungan yang disajikan pada penelitian ini, hanya data sampel yang terbatas pada item nomor 0 dengan store id nomor 0 pada periode bulan Januari 2010 hingga Desember 2018 yang digunakan. Dan berikut rencana pengujian yang akan dilakukan dengan membandingkan antara hasil komputasi dengan excel dan hasil komputasi aplikasi:

1. Dengan parameter alpha sebesar 0.2, parameter beta sebesar 0.02 dan parameter gamma sebesar 0.3 dengan model tipe additive.
2. Dengan parameter alpha sebesar 0.3, parameter beta sebesar 0.02 dan parameter gamma sebesar 0.3 dengan model tipe additive.

3. Dengan parameter alpha sebesar 0.4, parameter beta sebesar 0.02 dan parameter gamma sebesar 0.3 dengan model tipe additive.
4. Dengan parameter alpha sebesar 0.5, parameter beta sebesar 0.02 dan parameter gamma sebesar 0.3 dengan model tipe additive.
5. Dengan parameter alpha sebesar 0.6, parameter beta sebesar 0.02 dan parameter gamma sebesar 0.3 dengan model tipe additive.

Dan berikut ini adalah hasil perbandingan antara hasil komputasi menggunakan Excel dan aplikasi dievaluasi menggunakan matriks MAPE (Mean Absolute Percentage Error) dan MSE (Mean Squared Error).

TABEL 1. Perbandingan Hasil Komputasi Excel dan Komputasi Aplikasi

No	Alpha	Gamma	Hasil Komputasi dengan Excel		Hasil Komputasi Aplikasi	
			MAPE	MSE	MAPE	MSE
1	0.2	0.3	0.446	28163.931	0.4456	28163.931
2	0.3	0.3	0.441	28147.085	0.4413	28147.085
3	0.4	0.3	0.441	29254.508	0.4408	29254.508
4	0.5	0.3	0.439	30675.939	0.4389	30675.939
5	0.6	0.3	0.434	32296.702	0.4341	32296.702

Berdasarkan data yang disajikan di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil komputasi menggunakan aplikasi konsisten dengan hasil komputasi menggunakan Excel. Analisis perbandingan menunjukkan bahwa parameter terbaik untuk peramalan adalah alpha sebesar 0.3, beta sebesar 0.02, dan gamma sebesar 0.3. Berikut adalah proyeksi data aktual dengan data hasil prediksi dapat dilihat bahwa model sudah dapat memprediksikan data penjualan dengan baik.



Gambar 2. Proyeksi data aktual dengan hasil prediksi

Berdasarkan hasil pengujian model Triple Exponential Smoothing (TES) pada aplikasi yang dikembangkan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi konsisten dalam menghasilkan prediksi penjualan yang sebanding dengan hasil perhitungan menggunakan Excel. Analisis perbandingan parameter menunjukkan bahwa kombinasi terbaik untuk alpha, beta, dan gamma adalah masing-masing sebesar 0.3, 0.02, dan 0.3, memberikan performa optimal dalam meramalkan data penjualan. Evaluasi performa dengan menggunakan matriks MAPE dan MSE menunjukkan tingkat kesalahan yang relatif rendah, mengindikasikan akurasi yang baik dalam prediksi. Proyeksi data aktual dengan hasil prediksi memperlihatkan kesesuaian yang baik, menegaskan kemampuan model TES untuk menangkap pola dan tren dalam data penjualan. Dengan demikian, model TES yang diimplementasikan pada aplikasi dapat diandalkan untuk meramalkan data penjualan pada periode selanjutnya, memberikan kontribusi yang berharga dalam mendukung pengambilan keputusan terkait perencanaan dan manajemen persediaan produk.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan algoritma Triple Exponential Smoothing (TES) pada data penjualan dapat berhasil digunakan untuk memprediksi inventori atau persediaan produk dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter terbaik untuk model TES adalah $\alpha=0.3$, $\beta=0.02$, dan $\gamma=0.3$, dengan nilai evaluasi MAPE sebesar 0.4413 dan MSE sebesar 28147.085. Proyeksi data juga mengindikasikan keakuratan model TES dalam mengantisipasi fluktuasi penjualan, memberikan keyakinan bahwa model ini dapat diandalkan untuk meramalkan penjualan masa mendatang. Untuk penelitian selanjutnya akan melakukan penambahan model perbandingan, integrasi variabel tambahan seperti harga produk, dan peningkatan fitur dengan memperhatikan periode musim tertentu.

TINJAUAN PUSTAKA

- [1] F. Sutisna, "Analisis Perbandingan Tingkat Kesalahan Metode Peramalan Sebagai Upaya Perencanaan Pengelolaan Persediaan yang Optimal pada PT Duta Indah Sejahtera PERSEDIAAN YANG OPTIMAL PADA PT DUTA INDAH SEJAHTERA."
- [2] S. Maulana *et al.*, "Pengaruh Pengendalian Internal Persediaan Terhadap Efektivitas Pengelolaan Produk Blockboard Pada PT Albasi Priangan Lestari."
- [3] R. P. Kristianto, "Modeling of time series data prediction using fruit fly optimization algorithm and triple exponential smoothing," *2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2019*, pp. 407–412, 2019, doi: 10.1109/ICITISEE48480.2019.9003895.
- [4] A. M. C. H. Attanayake, S. S. N. Perera, and U. P. Liyanage, "Exponential smoothing on forecasting dengue cases in Colombo, Sri Lanka," *J Sci*, vol. 11, no. 1, p. 11, 2020, doi: 10.4038/jsc.v11i1.24.
- [5] G. Moiseev, "Forecasting oil tanker shipping market in crisis periods: Exponential smoothing model application," *Asian Journal of Shipping and Logistics*, vol. 37, no. 3, pp. 239–244, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.ajsl.2021.06.002.
- [6] D. M. Khairina, Y. Daniel, and P. P. Widagdo, "Comparison of double exponential smoothing and triple exponential smoothing methods in predicting income of local water company," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jul. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1943/1/012102.
- [7] R. N. Puspita, "PERBANDINGAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING PADA PERAMALAN NILAI EKSPOR DI INDONESIA," *Jambura Journal of Probability and Statistics*, vol. 3, no. 2, pp. 141–150, Nov. 2022, doi: 10.34312/jjps.v3i2.15590.
- [8] I. Nurvianti, B. Darma Setiawan, and F. Abdurrachman Bachtiar, "Perbandingan Peramalan Jumlah Penumpang Keberangkatan Kereta Api di DKI Jakarta Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing," 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] R. A. Sandika, S. K. Gusti, L. Handayani, and S. Ramadhani, "Implementasi Triple Exponential Smoothing dan Double Moving Average Untuk Peramalan Produksi Kernel Kelapa Sawit," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 4, no. 3, pp. 883–893, Apr. 2023, doi: 10.47065/josh.v4i3.3359.
- [10] S. B. Wahyuono, A. Dijah Rahajoe, S. Alim, and J. Teknik, "Pendistribusian Berdasarkan Prediksi Penjualan Ban Menggunakan Triple Exponential Smoothing," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Robotika*, vol. 4, 2022.
- [11] K. D. Hartomo, S. Yulianto, R. A. Suharjo, U. Kristen, S. Wacana, and P. Korespondensi, "PREDIKSI STOK DAN PENGATURAN TATA LETAK BARANG MENGGUNAKAN KOMBINASI ALGORITMA TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN FP-GROWTH," vol. 7, no. 5, pp. 869–878, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071863.
- [12] Ratih Yulia Hayuningtyas, "PERAMALAN PERSEDIAAN BARANG MENGGUNAKAN METODE WEIGHTED MOVING AVERAGE DAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING," *Jurnal PILAR Nusa Mandiri*, vol. 13, 2017.
- [13] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, "Introduction to Time Series Analysis and Forecasting," 2015.

- [14] C. C. Aggarwal, *Data Mining The Textbook*, vol. 14, no. 3. 1981. doi: 10.1016/0304-3835(81)90152-X.
- [15] D. Chicco, M. J. Warrens, and G. Jurman, “The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation,” *PeerJ Comput Sci*, vol. 7, pp. 1–24, 2021, doi: 10.7717/PEERJ-CS.623.
- [16] S. Chopra and P. Meindl, *Supply chain management : strategy, planning, and operation*. 2016.
- [17] S. Makridakis, S. C. Wheelwright, and V. E. McGee, *Metode dan Aplikasi Peramalan.* , Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta., 1992.