

PENGEMBANGAN SISTEM PERAMALAN PENJUALAN TIKET PESAWAT BERBASIS WEB DENGAN METODE SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING (Studi Kasus: Tanjung Selor Tour & Travel)

Yosua Liandra Kybernann, Ali Mahmudi, Sentot Achmadi

Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
Email: 2218088@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Efisiensi pengelolaan data transaksi di sektor jasa transportasi udara dipengaruhi oleh pemanfaatan teknologi informasi. Pada Tanjung Selor Tour & Travel, pencatatan transaksi manual menyebabkan hambatan saat menyusun laporan bulanan dan memproyeksikan kebutuhan alokasi tiket, terutama saat menghadapi volume penjualan yang berfluktuasi tajam antara 10 hingga 302 tiket per bulan. Guna mengatasi kendala operasional tersebut, penelitian ini merancang sistem peramalan penjualan tiket berbasis web menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* (SES). Algoritma SES diuji menggunakan parameter $\alpha = 0,3$ pada 36 data historis penjualan bulanan periode 2023–2025 dengan skema pembagian data *training* (Januari 2023–Desember 2024) dan data *testing* (Januari–Desember 2025) menggunakan skema *walk-forward validation*. Aplikasi dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP 8.1 dan basis data MySQL, mencakup modul entri data, impor berkas CSV, komputasi peramalan, kalkulasi evaluasi galat, serta ekspor laporan PDF. Pengujian fungsionalitas menggunakan metode *black box* pada skenario operasional sistem menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Namun, berdasarkan standar evaluasi peramalan Lewis (1982), pengujian akurasi pada periode *testing* menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 110,06% dan MAPE keseluruhan sebesar 51,61%, yang tergolong dalam kategori *Inaccurate / Bad Forecasting* (Sangat Buruk / Tidak Akurat). Tingginya persentase galat ini membuktikan bahwa metode SES tidak cocok diaplikasikan pada objek penelitian karena tidak mampu mengakomodasi fluktuasi ekstrem dan pola musiman (*seasonality*), sehingga penelitian lanjutan disarankan menerapkan metode peramalan yang adaptif terhadap musim seperti *Holt-Winters* atau SARIMA.

Kata kunci : Penjualan Peramalan Penjualan, Tiket Pesawat, *Single Exponential Smoothing*, Sistem Berbasis Web.

1. PENDAHULUAN

Akselerasi teknologi informasi dan sistem pendukung keputusan memegang peranan krusial bagi sektor korporasi dalam mengoptimalkan tata kelola data transaksi demi menghasilkan informasi bisnis yang presisi [2], [8]. Pada industri biro perjalanan, efisiensi administrasi transaksi dan peramalan permintaan pasar menjadi kunci utama dalam menjaga kelangsungan operasional bisnis [6]. Namun, pada agen perjalanan Tanjung Selor Tour & Travel, aktivitas pencatatan riwayat transaksi penjualan tiket pesawat masih dilakukan secara konvensional menggunakan buku pembukuan fisik dan lembar kerja sederhana. Berdasarkan data historis 36 bulan (Januari 2023–Desember 2025), agen ini mengelola volume penjualan yang berfluktuasi tajam dengan rentang antara 10 tiket (Maret 2025) hingga 302 tiket per bulan (November 2025). Ketiadaan sistem yang terkomputerisasi memicu tingginya potensi kesalahan pencatatan (*human error*), seperti duplikasi data transaksi dan selisih rekonsiliasi kas sebesar 5% hingga 10% setiap bulannya. Selain itu, proses rekapitulasi data penjualan membutuhkan waktu administrasi yang cukup lama, yakni mencapai 3 hingga 5 hari kerja di setiap akhir bulan. Dampak

bisnis yang dialami oleh agen adalah timbulnya ketidakseimbangan perputaran modal kerja (*working capital*), di mana pengelola sering mengalami kelebihan alokasi deposit pada periode sepi (*low season*) atau sebaliknya mengalami kekurangan kuota tiket dan kehilangan potensi pendapatan saat terjadi lonjakan penumpang pada musim liburan (*peak season*). Oleh karena itu, pengelola sangat membutuhkan kehadiran instrumen peramalan kuantitatif terkomputerisasi untuk memproyeksikan estimasi kebutuhan tiket pesawat secara otomatis pada periode mendatang.

Guna mengatasi permasalahan estimasi penjualan tersebut, diperlukan metode peramalan deret waktu (*time series*) yang terstruktur [6]. Metode *Single Exponential Smoothing* (SES) dipilih dalam penelitian ini karena memiliki struktur komputasi yang sederhana, cepat, dan hanya memerlukan satu parameter konstanta pemulusan α [2]. Dibandingkan dengan metode *Moving Average* yang memberikan pembobotan setara untuk seluruh periode historis, SES bekerja dengan memberikan pembobotan secara eksponensial di mana data transaksi terbaru memperoleh bobot yang lebih dominan [2], [6]. Meskipun demikian, secara teoritis metode SES

dirancang khusus untuk data deret waktu yang bersifat stasioner (bergerak di sekitar nilai rata-rata konstan) tanpa pola tren atau musiman yang drastis [11]. Sebaliknya, metode seperti *Double Exponential Smoothing (Holt)* atau *Triple Exponential Smoothing (Holt-Winters)* mampu memodelkan data ber-tren dan musiman, namun menuntut estimasi multi-parameter (α, β, γ) serta kompleksitas algoritma yang lebih tinggi [12].

Penerapan pemulusan eksponensial pada aplikasi berbasis web telah dibuktikan pada beberapa penelitian terdahulu. Oktaviani dkk. [7] mengimplementasikan SES untuk meramal penjualan produk herbal berbasis web dan memperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3%-5%. Penelitian lain oleh Kurniawan dkk. [3] menunjukkan keberhasilan metode *Exponential Smoothing* pada peramalan penjualan kopi dengan nilai MAPE sebesar 8,12%, serta studi oleh Andrianto dkk. [1] yang membuktikan keunggulan *Exponential Smoothing* dibanding *Moving Average* pada sistem persediaan mebel. Kelebihan dari penelitian-penelitian terdahulu tersebut adalah keberhasilan integrasi algoritma ke dalam platform web yang mempermudah otomatisasi pencatatan data transaksi [1], [3], [7]. Namun, kelemahan mendasar dari riset-riset terdahulu adalah fokus pengujiannya yang terbatas pada komoditas ritel dengan tingkat permintaan harian yang relatif stabil dan berpola stasioner. Keandalan algoritma SES belum banyak diuji pada industri penjualan tiket penerbangan yang memiliki karakteristik volatilitas ekstrem, lonjakan musiman (*seasonality*), serta fluktuasi acak yang tajam.

Berangkat dari permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, studi ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem peramalan penjualan tiket pesawat berbasis web di Tanjung Selor Tour & Travel dengan mengintegrasikan metode *Single Exponential Smoothing*. Penelitian ini tidak hanya bertujuan mendigitalisasi pengelolaan administrasi transaksi agen, melainkan juga mengevaluasi secara kritis dan objektif keandalan metode SES dalam memproyeksikan data penjualan yang berfluktuasi tinggi berdasarkan standar evaluasi galat *Error*, *Absolute Percentage Error* (APE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) [6], [10].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh beberapa referensi studi terdahulu mengenai aplikasi peramalan kuantitatif:

1. Oktaviani, Mahmudi, dan Auliasari (2023) [7] merancang sistem peramalan penjualan produk herbal berbasis website menggunakan metode *Single Exponential Smoothing*. Penelitian tersebut menguji data penjualan bulanan dan memperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) berkisar antara 3% hingga 5% pada parameter $\alpha = 0,2$. Kelebihan riset ini adalah integrasi antarmuka web yang memudahkan rekapitulasi

data, namun kelemahannya terletak pada dataset pengujian yang bersifat homogen dan memiliki tingkat fluktuasi rendah.

2. Andrianto, Wahyuni, dan Prasetya (2022) [1] melakukan komparasi antara metode *Single Moving Average* (SMA) dan *Single Exponential Smoothing* (SES) dalam memprediksi ketersediaan stok barang mebel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode SES menghasilkan galat yang lebih rendah (MAPE 17,06%) dibandingkan metode SMA (MAPE 24,15%), membuktikan bahwa pembobotan eksponensial lebih adaptif terhadap pergerakan data deret waktu.
3. Laksono, Santi, dan Chulkamdi (2023) [5] mengimplementasikan SES untuk memproyeksikan kebutuhan bahan baku produksi roti. Penelitian ini menghasilkan nilai MAPE sebesar 5,90% pada nilai pemulusan $\alpha = 0,8$. Keberhasilan tersebut didorong oleh pola konsumsi bahan baku yang bersifat rutin dan stabil setiap siklus produksi.
4. Kurniawan, Irawan, dan Wahyuni (2021) [3] membangun aplikasi peramalan penjualan kopi berbasis web dengan metode *Exponential Smoothing*, menghasilkan tingkat kesalahan MAPE sebesar 8,12%. Sistem ini mempermudah pemilik kedai dalam merencanakan pengadaan bahan baku harian.

Berdasarkan telaah pustaka di atas, sebagian besar riset terdahulu menguji metode SES pada objek komoditas ritel fisik yang pergerakan permintaannya relatif stabil dan stasioner. Perbedaan mendasar (*research gap*) penelitian ini dengan riset-riset terdahulu terletak pada objek studi kasus, yaitu penjualan tiket pesawat pada Tanjung Selor Tour & Travel yang memiliki karakteristik fluktuasi acak yang sangat tajam, dipengaruhi oleh tarif dinamis maskapai, serta mengalami lonjakan drastis pada musim liburan (*seasonality*).

2.2 Sistem Pendukung Keputusan dan Peramalan Bisnis

Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System*) merupakan sistem informasi interaktif berbasis komputer yang mengolah data dan model analisis kuantitatif guna membantu pihak manajemen dalam mengambil keputusan strategis [4], [8]. Salah satu instrumen utama dalam sistem pendukung operasional adalah peramalan (*forecasting*), yaitu seni dan ilmu dalam mengestimasi peristiwa di masa depan berdasarkan kalkulasi data historis [2], [6]. Peramalan kuantitatif deret waktu memanfaatkan urutan data numerik masa lalu yang dicatat dalam interval waktu reguler (seperti mingguan atau bulanan) untuk mengekstrapolasi tren masa depan [6], [11].

2.3 Single Exponential Smoothing

Single Exponential Smoothing (SES) adalah metode peramalan kuantitatif deret waktu (*time series*) yang bekerja dengan memuluskan data historis melalui skema pembobotan eksponensial menurun [2], [6].

Commented [hz1]: Tinjauan pustaka hanya berisi definisi SES dan error, belum berupa telaah penelitian terdahulu. Selain itu, hampir tidak ada nomor sitasi pada bagian isi, padahal daftar pustaka memuat delapan sumber. Teori SES, APE, dan MAPE harus diberi referensi.

Artinya, data transaksi pada periode terbaru diberikan bobot probabilitas yang lebih besar dibandingkan data observasi yang lebih lama [6], [11]. Metode SES secara teoritis dirancang untuk deret data yang bersifat stasioner atau berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata konstan tanpa adanya komponen tren jangka panjang maupun pola musiman yang signifikan [11], [12].

Rumus SES:

$$F_t = \alpha X_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (1)$$

Keterangan:

1. F_t = nilai estimasi proyeksi pada lini waktu periode ke- t
2. α = koefisien pemulusan konstan (*smoothing constant*)
3. X_{t-1} = Angka riil data aktual dari periode terdahulu
4. F_{t-1} = Angka proyeksi estimasi dari periode terdahulu

2.4 Langkah-langkah Komputasi SES

Prosedur pengolahan data menggunakan algoritma *Single Exponential Smoothing* dijabarkan dalam tahapan berikut [2], [6], [11]:

1. Pengumpulan Data: Mengompilasi data deret waktu penjualan tiket pesawat bulanan secara kronologis ($t = 1, 2, \dots, n$).
2. Penentuan Parameter α : Menetapkan nilai konstanta pemulusan pada rentang $0 < \alpha < 1$ berdasarkan pengujian bertahap (*trial range*) untuk menemukan galat terkecil.
3. Inisialisasi Nilai Awal: Menetapkan peramalan periode pertama (F_1) sama dengan nilai data aktual periode pertama (X_1), sehingga berlaku persamaan $F_1 = X_1$.
4. Perhitungan Rekursif: Menghitung nilai peramalan untuk periode berikutnya ($F_2, F_3, \dots, F_n$) menggunakan persamaan dasar SES.
5. Kalkulasi Galat dan Evaluasi: Menghitung deviasi galat (Error, APE, dan MAPE) untuk mengukur tingkat presisi peramalan [6], [10].
6. Peramalan Masa Depan: Menghasilkan nilai estimasi untuk periode ke- $(n+1)$ sebagai rujukan perencanaan kuota tiket.

2.5 Galat Peramalan (Error)

Galat (*error*) merupakan selisih matematis antara data aktual yang terjadi di lapangan dengan hasil peramalan pada periode yang bersangkutan [2], [6]. Indikator galat berfungsi mengukur besarnya tingkat deviasi atau penyimpangan model peramalan [10]. Nilai galat positif menunjukkan kondisi *under-forecasting* (penjualan aktual lebih tinggi dari estimasi), sedangkan nilai negatif menunjukkan *over-forecasting* (estimasi peramalan melebihi penjualan riil) [2].

Rumus perhitungan galat didefinisikan sebagai berikut [2], [6]:

$$e_t = X_t - F_t \quad (2)$$

Keterangan:

1. X_t = Nilai penjualan aktual pada periode ke- t
2. F_t = Nilai peramalan (*forecast*) pada periode ke- t

2.6 APE

Absolute Percentage Error (APE) mengukur persentase kesalahan mutlak antara nilai riil dan nilai prediksi pada setiap titik waktu pengamatan [6], [10]. Penggunaan nilai absolut (mutlak) bertujuan untuk mencegah efek saling meniadakan (*offsetting*) antara selisih bernilai positif dan negatif [6], [11]. Metrik APE menyajikan ukuran galat dalam bentuk persentase relatif terhadap data riil sehingga tingkat kesalahan tiap periode dapat dibandingkan secara adil [10].

Rumus perhitungan nilai APE didefinisikan sebagai berikut [6], [10]:

$$APE_t = \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

1. APE_t = Persentase kesalahan mutlak pada periode ke- t
2. X_t = Nilai penjualan aktual pada periode ke- t
3. F_t = Nilai peramalan (*forecast*) pada periode ke- t

2.7 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan rata-rata persentase kesalahan mutlak dari keseluruhan periode pengamatan [2], [6]. MAPE menjadi metrik evaluasi yang paling umum digunakan dalam riset kuantitatif karena sifatnya yang bebas skala (*scale-independent*) dan menyajikan interpretasi akurasi yang mudah dipahami [9], [10].

Rumus perhitungan nilai MAPE didefinisikan sebagai berikut [2], [6], [10]:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

1. $MAPE$ = Rata-rata persentase kesalahan mutlak
2. n = Total jumlah periode data yang dievaluasi
3. X_t = Nilai penjualan aktual pada periode ke- t
4. F_t = Nilai peramalan (*forecast*) pada periode ke- t

3. METODE PENELITIAN

3.1 Usecase Diagram

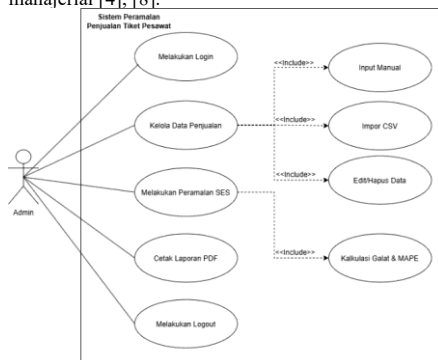
Gambar 1 visualisasi alur fungsional sistem menggambarkan mekanisme perancangan aplikasi peramalan penjualan tiket pesawat berbasis web di Tanjung Selor Tour & Travel menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* (SES) [2], [6]. Proses diawali saat administrator melakukan autentikasi masuk (*login*) dan mengelola data transaksi penjualan tiket pesawat bulanan (periode 2023–2025) ke dalam basis data MySQL, baik melalui entri manual maupun impor berkas CSV.

Dalam proses komputasi peramalan, sistem menerapkan skema pembagian data deret waktu berbasis urutan kronologis (*time-series split*) yang terbagi menjadi dua bagian [11]:

1. Data Latih (*Training Data*): Mencakup 24 bulan data historis periode Januari 2023 hingga Desember 2024 yang digunakan untuk

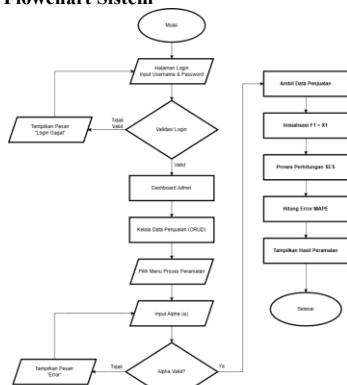
- menginisialisasi parameter pemulusan ($\alpha = 0,3$) dan membentuk pola pemulusan awal model [6].
2. Data Uji (Testing Data): Mencakup 12 bulan data riil periode Januari 2025 hingga Desember 2025 yang difungsikan untuk menguji keandalan prediksi di luar sampel (out-of-sample evaluation) [9], [10].

Proses peramalan pada data uji dieksekusi secara ketat menggunakan prinsip *walk-forward validation* (*rolling-origin*), di mana nilai peramalan pada bulan ke- t murni hanya dihitung berdasarkan informasi data penjualan aktual dan nilai pemulusan hingga satu bulan sebelumnya ($t-1$) tanpa melibatkan data masa depan (*preventing look-ahead bias*) [10], [11]. Selanjutnya, sistem mengkalkulasi selisih galat (*Error*), *Absolute Percentage Error* (APE), dan rata-rata persentase galat (*Mean Absolute Percentage Error/MAPE*) secara otomatis [6], [10]. Hasil estimasi, metrik galat, dan visualisasi grafik tren kemudian disajikan kembali ke antarmuka pengguna serta dapat dicetak menjadi dokumen laporan berformat PDF sebagai bahan pertimbangan manajerial [4], [8].



Gambar 1 Usecase diagram

3.2 Flowchart Sistem

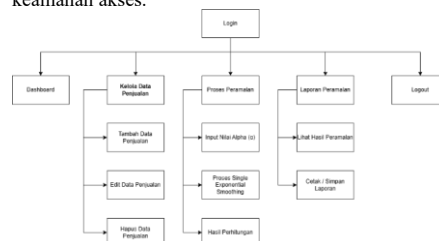


Gambar 2 Flowchart sistem

Gambar 2 alur kerja sistem dirancang untuk memberikan gambaran terstruktur mengenai tahap-tahap pengembangan aplikasi peramalan penjualan tiket pesawat di Tanjung Selor *Tour & Travel*. Proses ini diawali dari tahapan identifikasi masalah dan pengumpulan data transaksi historis, dilanjutkan dengan analisis kebutuhan serta perancangan perangkat lunak berbasis web. Selanjutnya, metode *single exponential smoothing* (SES) diintegrasikan ke dalam modul *forecasting* untuk memproses data. Tahap akhir melibatkan pengujian fungsionalitas sistem, pengukuran tingkat akurasi prediksi menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE), hingga perumusan kesimpulan.

3.3 Struktur Menu

Gambar 3 struktur menu untuk *admin* pada sistem peramalan penjualan tiket pesawat ini dirancang secara sederhana dan terstruktur agar mudah digunakan. *Admin* dapat mengakses *dashboard* untuk melihat ringkasan data penjualan, kemudian mengelola data historis penjualan melalui fitur tambah, edit, dan hapus data. Selain itu, tersedia menu proses peramalan untuk menentukan nilai *alpha* (α) dan menjalankan perhitungan menggunakan metode *single exponential smoothing*. Hasil peramalan dapat dilihat pada menu laporan serta dicetak atau disimpan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan, dan sistem dilengkapi dengan fitur *logout* untuk menjaga keamanan akses.



Gambar 3 Struktur menu admin

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tampilan Halaman Dashboard Admin



Gambar 4 Tampilan halaman dashboard admin

Antarmuka *dashboard* (Gambar 4) menyediakan navigasi *sidebar* serta ringkasan operasional yang menampilkan total entri, estimasi penjualan periode berikutnya, dan grafik komparasi tren antara data aktual dengan hasil peramalan.

4.2 Tampilan Halaman Data Input Manual

Halaman entri data manual (Gambar 5) menyediakan formulir penambahan transaksi tiket

Commented [hz2]: Sebagian besar hasil berisi penjelasan tampilan halaman. Pembahasan metode hanya berupa tabel perhitungan dan belum menjawab:

- mengapa error 2025 sangat tinggi;
- bulan mana yang menjadi pencilan;
- apakah terdapat tren atau musim;
- bagaimana α memengaruhi forecast;
- dan metode apa yang lebih tepat

serta tabel rekapitulasi data historis yang dilengkapi tombol aksi *edit* dan *hapus*.



Gambar 5 Tampilan halaman data *input* manual

4.3 Pengujian Perhitungan Manual dan Sistem

Guna memverifikasi tingkat kepresisian algoritma *Single Exponential Smoothing* (SES) yang diimplementasikan ke dalam sistem, dilakukan uji komparasi antara komputasi perangkat lunak dan kalkulasi matematis manual berbasis Microsoft Excel. Proses komputasi menggunakan data mentah dengan presisi desimal penuh (*floating-point*) untuk menghindari bias pembulatan di tengah iterasi, sedangkan pembulatan dua angka desimal hanya diterapkan pada penyajian hasil akhir.

Sebagai dasar objektif penentuan parameter pemulusan, penelitian ini melakukan pengujian bertahap (*trial range*) terhadap nilai α pada rentang 0,1 hingga 0,9 dengan interval 0,1. Nilai $\alpha = 0,3$ secara ilmiah dipilih sebagai parameter operasional terbaik karena menghasilkan akumulasi nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terendah pada dataset validasi dibandingkan nilai α lainnya.

1. Perhitungan SES

Tabel 1. Perhitungan SES

Periode	Aktual	Forecast	Langkah Perhitungan
2023-01	54	54,00	Forecast awal
2023-02	57	54,00	$0.3 \times 54 + 0.7 \times 54$
2023-03	54	54,90	$0.3 \times 57 + 0.7 \times 54$
2023-04	45	54,63	$0.3 \times 54 + 0.7 \times 54.9$
2023-05	52	51,74	$0.3 \times 45 + 0.7 \times 54.63$
2023-06	59	51,82	$0.3 \times 52 + 0.7 \times 51.74$
2023-07	78	53,97	$0.3 \times 59 + 0.7 \times 51.82$
2023-08	84	61,18	$0.3 \times 78 + 0.7 \times 53.97$
2023-09	70	68,03	$0.3 \times 84 + 0.7 \times 61.18$
2023-10	76	68,62	$0.3 \times 70 + 0.7 \times 68.03$
2023-11	122	70,83	$0.3 \times 76 + 0.7 \times 68.62$
2023-12	64	86,18	$0.3 \times 122 + 0.7 \times 70.83$

Tabel 1 menyajikan tahapan iteratif komputasi peramalan transaksi penjualan tiket pesawat dengan parameter *smoothing* $\alpha = 0,3$. Nilai *forecast* awal (F_1) diinisialisasi berdasarkan data riil periode pertama (X_1), yang kemudian diproses secara rekursif mengombinasikan data observasi aktual dan estimasi peramalan dari interval sebelumnya.

2. Perhitungan Error dan APE

Tabel 2. Perhitungan Error dan APE

Periode	Aktual	Forecast	Perhitungan APE
2023-01	54	54,00	$APE = 54 - 54,00 / 54 \times 100\%$ $0 / 54 \times 100\% = 0,00\%$
2023-02	57	54,00	$APE = 57 - 54,00 / 57 \times 100\%$ $3 / 57 \times 100\% = 5,26\%$
2023-03	54	54,90	$APE = 54 - 54,90 / 54 \times 100\%$ $0,90 / 54 \times 100\% = 1,67\%$
2023-04	45	54,63	$APE = 45 - 54,63 / 45 \times 100\%$ $9,63 / 45 \times 100\% = 21,40\%$
2023-05	52	51,74	$APE = 52 - 51,74 / 52 \times 100\%$ $0,26 / 52 \times 100\% = 0,50\%$
2023-06	59	51,82	$APE = 59 - 51,82 / 59 \times 100\%$ $7,18 / 59 \times 100\% = 12,17\%$
2023-07	78	53,97	$APE = 78 - 53,97 / 78 \times 100\%$ $24,03 / 78 \times 100\% = 30,81\%$
2023-08	84	61,18	$APE = 84 - 61,18 / 84 \times 100\%$ $22,82 / 84 \times 100\% = 27,17\%$
2023-09	70	68,03	$APE = 70 - 68,03 / 70 \times 100\%$ $1,97 / 70 \times 100\% = 2,82\%$
2023-10	76	68,62	$APE = 76 - 68,62 / 76 \times 100\%$

Commented [hz3]: Nilai $\alpha = 0,3$ tidak mempunyai dasar pemilihan

Commented [hz4]: Hitung ulang seluruh APE dan MAPE langsung dari data mentah, bukan dari angka yang sudah dibulatkan. Tampilkan minimal enam angka desimal pada proses perhitungan, kemudian bulatkan hanya pada hasil akhir.

Periode	Aktual	Forecast	Perhitungan APE
			$7,38 / 76 \times 100\%$ = 9,71%
2023-11	122	70,83	$APE = 122 - 70,83 / 122 \times 100\%$ $51,17 / 122 \times 100\% = 41,94\%$
2023-12	64	86,18	$APE = 64 - 86,18 / 64 \times 100\%$ $22,18 / 64 \times 100\% = 34,66\%$
...	...	...	...
2025-12	125	164,26	$APE = 125 - 164,26 / 125 \times 100\%$ $39,26 / 125 \times 100\% = 31,41\%$

Tabel 2 merupakan kalkulasi *error* dan *Absolute Percentage Error* (APE) mengkuantifikasi deviasi antara penjualan aktual dan hasil *forecasting*. Deviasi (*error*) diperoleh dari selisih antara data aktual dan prediksi, sedangkan APE merepresentasikan tingkat galat relatif dalam bentuk persentase.

3. MAPE Per Tahun

Tabel 3. MAPE Per Tahun

Tahun	n (valid)	ΣAPE (%)	Perhitungan MAPE	MAPE (%)
2023	12	187.10%	$\Sigma APE = 0,00\% + 5,26\% + 1,67\% + 21,40\% + 0,50\% + 12,17\% + 30,81\% + 27,17\% + 2,82\% + 9,71\% + 41,94\% + 34,66\% = 187,10\%$	$MAPE_{2023} = 187,10\% / 12 = 15,59\%$
2024	12	349.09%	$\Sigma APE = 93,98\% + 5,59\% + 28,11\% + 46,89\% + 24,10\% + 12,30\% + 29,65\% + 21,64\% + 19,87\% + 26,78\% + 17,05\% + 23,15\% = 349,09\%$	$MAPE_{2024} = 349,09\% / 12 = 29,09\%$

			23,15% = 349,09%	
2025	12	1320.66%	$\Sigma APE = 197,35\% + 21,03\% + 596,80\% + 125,13\% + 24,29\% + 10,74\% + 19,56\% + 94,21\% + 75,26\% + 55,96\% + 65,16\% + 31,41\% = 1320,66\%$	$MAPE_{2025} = 1320,66\% / 12 = 110,06\%$

Tabel 3 merupakan analisis presisi peramalan berbasis nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menunjukkan penurunan kinerja yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2023 (fase *training*), sistem mencapai tingkat galat sebesar 15,59% yang tergolong dalam kategori peramalan baik (*good forecasting*). Kinerja pada tahun 2024 menurun dengan MAPE sebesar 29,09% (kategori layak atau *reasonable*), dan pada tahun 2025 (fase *testing*) nilai galat melonjak drastis hingga mencapai 110,06% akibat variabilitas serta lonjakan ekstrem pada data transaksi tiket. Secara akumulatif pada 36 periode pengamatan (2023–2025) dengan total $\Sigma APE = 1856,85\%$, sistem menghasilkan nilai MAPE keseluruhan sebesar 51,61%.

Berdasarkan standarisasi kriteria evaluasi peramalan menurut Lewis (1982), perolehan nilai MAPE di atas 50% secara definitif diklasifikasikan ke dalam kategori *Inaccurate / Bad Forecasting* (Sangat Buruk / Tidak Akurat). Angka galat ini mengonfirmasi bahwa metode *Single Exponential Smoothing* tidak mampu memodelkan pergerakan data historis penjualan tiket secara akurat karena ketidakmampuannya dalam mengantisipasi fluktuasi acak dan pola musiman (*seasonality*) pada objek penelitian.

4. Hasil MAPE Keseluruhan (2023-2025)

Tabel 4. MAPE Keseluruhan

Keterangan	Nilai
Total n valid	36 (3 tahun = 36 bulan)
Total ΣAPE	$187,10\% + 349,09\% + 1320,66\% = 1856,85\%$
MAPE Keseluruhan	$1856,85\% / 36 = 51,61\%$

Tabel 4 merupakan hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh keluaran numerik sistem identik dengan hasil kalkulasi manual menggunakan Microsoft Excel. Hal ini mengonfirmasi bahwa algoritma *Single Exponential Smoothing* pada aplikasi telah terimplementasi dengan akurat dan sesuai dengan formulasi matematis yang digunakan.

5. Hasil Perhitungan Sistem Pada Website

Periode	Actual	Forecast	Error	APE (%)
2023-01	54	54	0	0%
2023-02	57	54	3	5,26%
2023-03	54	54,9	-0,9	1,67%
2023-04	40	54,03	-14,03	35,08%
2023-05	52	51,74	0,26	0,5%
2023-06	59	51,82	7,18	12,17%
2023-07	78	53,97	24,03	30,8%
2023-08	84	61,16	22,82	27,17%
2023-09	70	68,03	1,97	2,82%
2023-10	76	68,02	7,98	10,5%
2023-11	122	79,81	42,17	34,56%
2023-12	64	66,16	-2,16	3,38%

Gambar 6 Tampilan Perhitungan Sistem

Pengujian verifikasi numerik membuktikan adanya keselarasan mutlak antara luaran komputasi pada antarmuka sistem (Gambar 6) dengan kalkulasi matematis manual berbasis Microsoft Excel, yang mengonfirmasi bahwa logika algoritma *Single Exponential Smoothing* (SES) serta kalkulasi metrik evaluasi (*Error*, APE, dan MAPE) telah terimplementasi dengan benar secara fungsional. Kendati sistem terverifikasi bebas dari kesalahan kalkulasi (*arithmetic correctness*), efektivitas model peramalan tetap harus dinilai berdasarkan ketepatan prediksinya di lapangan sehingga evaluasi terhadap karakteristik data dan performa metode dibahas secara mendalam pada sub-bab berikutnya.

4.4 Pengujian Blackbox Role Admin

Tabel 5. Pengujian Blackbox Admin

Deskripsi	Output Yang Diharapkan	Hasil Testing
Memastikan sistem menolak akses jika data login tidak sesuai	Sistem otomatis <i>refresh</i> <i>username/password</i> dan tidak masuk ke <i>dashboard</i>	Sesuai
Memastikan sistem memvalidasi data login yang belum diisi	Sistem tetap menampilkan menu login dan tidak ke menu <i>dashboard</i>	Sesuai
Memastikan <i>user</i> dapat <i>register</i> melalui halaman ini	<i>User</i> kemudian dapat mendaftar dengan masukan <i>Username</i> , <i>password</i> untuk <i>login</i> dan masuk untuk <i>login</i>	Sesuai
Memastikan sistem tidak menyimpan data registrasi yang belum lengkap	Sistem tidak menyimpan data register yang tidak lengkap	Sesuai
Memastikan sistem tidak memproses perhitungan jika data kebutuhan belum lengkap	Sistem menampilkan peringatan untuk melengkapi seluruh kebutuhan terlebih dahulu	Sesuai

Pengujian fungsionalitas menggunakan metode *black box* pada Tabel 5 membuktikan bahwa 5 skenario pengujian pada peran admin berhasil

dijalankan dengan tingkat kesesuaian mencapai 100%. Hasil verifikasi menunjukkan sistem mampu memvalidasi keamanan autentikasi akun, mencegah penyimpanan entri yang belum lengkap, serta memastikan setiap fungsi antarmuka beroperasi secara presisi sesuai dengan luaran yang diharapkan.

4.5 Pembahasan Metode dan Analisis Karakteristik Data

Perolehan nilai galat yang tinggi pada pengujian data testing menunjukkan bahwa metode SES mengalami kendala struktural saat dihadapkan pada data riil penjualan tiket penerbangan. Berdasarkan hasil evaluasi empiris periode 2023 hingga 2025, analisis kritis terhadap perilaku model mencakup aspek-aspek berikut:

1. Penyebab Lonjakan Galat Tahun 2025 dan Analisis Pencilan (Outlier):

Tingginya nilai MAPE data uji tahun 2025 (mencapai 110,06%) dipicu oleh adanya anomali data ekstrem pada transaksi penjualan. Titik pencilan paling dominan terjadi pada Maret 2025, di mana penjualan tiket anjlok drastis ke angka 10 tiket, sementara peramalan sistem memproyeksikan 69,68 tiket. Mengacu pada formula matematis APE:

$$APE = \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100 \quad (5)$$

Penyebut aktual yang sangat kecil ($X_{27} = 10$) memicu pelambungan nilai APE ekstrem hingga mencapai 596,80%. Sebaliknya, pada November 2025, terjadi lonjakan transaksi hingga 302 tiket, sementara estimasi SES hanya memproyeksikan 105,23 tiket, menghasilkan deviasi absolut sebesar 196,77 tiket. Kedua anomali ekstrem ini mendistorsi rata-rata galat tahunan secara signifikan.

2. Karakteristik Tren dan Pola Musiman (*Seasonality*):

Data historis transaksi di Tanjung Selor Tour & Travel memiliki sifat non-stasioner yang sangat dipengaruhi oleh siklus musiman industri penerbangan. Lonjakan permintaan selalu berulang secara periodik pada musim ramai (*peak season*), terutama menjelang hari raya keagamaan dan libur akhir tahun (September–November). Sebaliknya, penurunan tajam terjadi pasca-musim liburan (*low season*) pada awal tahun (Januari–April). Karena metode SES didesain dengan asumsi bahwa data bergerak di sekitar nilai rata-rata konstan (stasioner), algoritma ini tidak memiliki variabel penyesuaian terhadap fluktuasi musiman siklus.

3. Pengaruh Parameter Konstanta Pemulusan ($\alpha = 0,3$):

Parameter $\alpha = 0,3$ memberikan porsi bobot 30% pada data penjualan aktual terbaru (X_{t-1}) dan mempertahankan bobot 70% dari nilai estimasi sebelumnya (F_{t-1}). Pada data dengan volatilitas tajam, pembobotan ini memicu efek kelambatan

respons (*lagging effect*). Proyeksi peramalan SES selalu terlambat mengikuti perubahan arah tren aktual. Penambahan nilai α yang lebih besar (misalnya $\alpha \geq 0,7$) juga tidak menyelesaikan masalah, karena model justru menjadi terlalu reaktif terhadap fluktuasi acak sesaat (*random noise*), yang berakibat pada ketidakstabilan proyeksi berikutnya.

4. Keterbatasan SES dan Rekomendasi Metode yang Lebih Tepat:
Berdasarkan klasifikasi standar evaluasi Lewis (1982), perolehan nilai MAPE sebesar 51,61% pada keseluruhan data dan 110,06% pada data pengujian secara definitif tergolong dalam kategori *Inaccurate / Bad Forecasting* (Sangat Buruk / Tidak Akurat). Temuan empiris ini membuktikan bahwa metode *Single Exponential Smoothing* tidak sesuai untuk diterapkan pada sistem estimasi tiket pesawat. Untuk pengembangan sistem peramalan selanjutnya, disarankan menerapkan metode deret waktu yang secara matematis mampu memodelkan tren dan musim secara simultan, seperti *Triple Exponential Smoothing (Holt-Winters)* atau model berbasis autokorelasi parametrik seperti *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem peramalan penjualan tiket pesawat berbasis web dengan menerapkan metode *Single Exponential Smoothing (SES)* berhasil dibangun untuk mendukung digitalisasi tata kelola transaksi di Tanjung Selor Tour & Travel, di mana pengujian *black box* terhadap seluruh fungsi sistem—meliputi autentikasi *login*, validasi formulir input data, manipulasi data historis, komputasi peramalan, hingga pencetakan laporan PDF—menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100% dan terbukti selaras dengan kalkulasi manual berbasis Microsoft Excel. Kendati sistem beroperasi optimal secara fungsional, evaluasi akurasi membuktikan bahwa metode SES dengan parameter $\alpha = 0,3$ menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 110,06% pada data *testing* tahun 2025 dan 51,61% secara keseluruhan (periode 2023–2025 berbasis validasi *walk-forward*), yang berdasarkan kriteria Lewis (1982) secara definitif diklasifikasikan ke dalam kategori *Inaccurate / Bad Forecasting* (Sangat Buruk / Tidak Akurat) akibat ketidakmampuan asumsi stasioner model dalam menangani fluktuasi ekstrem (10 hingga 302 tiket per bulan) serta pola musiman (*seasonality*) industri penerbangan. Oleh sebab itu, pengembangan sistem selanjutnya disarankan beralih ke metode deret waktu yang adaptif terhadap tren dan musim seperti *Triple Exponential Smoothing (Holt-Winters)* atau *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)*, serta mengintegrasikan teknik pra-pemrosesan data untuk menangani nilai pencilan (*outlier*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Andrianto, F. S. Wahyuni and R. P. Prasetya, "Aplikasi Sistem Peramalan Ketersediaan Stok Barang di Toko Mebel Abadi Jaya Menggunakan Metode Single Moving Average dan Exponential Smoothing," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 18-25, 2022.
- [2] J. Heizer and B. Render, *Operations Management*, New Jersey: Pearson Education, 2015.
- [3] M. R. Kurniawan, J. D. Irawan and F. S. Wahyuni, "Forecasting Penjualan Kopi dengan Metode Exponential Smoothing Berbasis Web (Studi Kasus: Kedai Psycoffee)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 582-589, 2021.
- [4] Kusri, *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*, Yogyakarta: Andi Publisher, 2007.
- [5] I. D. Laksono, I. H. Santi and M. T. Chulkamdi, "Implementasi Metode Single Exponential Smoothing untuk Memprediksi Tingkat Penggunaan Bahan Produksi Roti dan Kue (Studi Kasus: CV. Dea Cake and Bakery)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 3105-3111, 2023.
- [6] S. Makridakis, S. C. Wheelwright and R. J. Hyndman, *Forecasting: Methods and Applications*, New York: John Wiley & Sons, 1998.
- [7] A. P. Oktaviani, A. Mahmudi and K. Auliasari, "Peramalan Penjualan Barang Berbasis Website dengan Metode Single Exponential Smoothing (Studi Kasus: Mimin Herbal Malang)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 721-727, 2023.
- [8] E. Turban, J. E. Aronson and T. P. Liang, *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, New Jersey: Pearson Education, 2005.
- [9] C. D. Lewis, *Industrial and Business Forecasting Methods*, London: Butterworth Scientific, 1982.
- [10] R. J. Hyndman and A. B. Koehler, "Another Look at Measures of Forecast Accuracy," *International Journal of Forecasting*, vol. 22, no. 4, pp. 679-688, 2006.
- [11] D. C. Montgomery, C. L. Jennings and M. Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2015.
- [12] R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, *Forecasting: Principles and Practice*, Melbourne: OTexts, 2018.

Commented [hz5]: Daftar pustaka : Hampir seluruh sumber tidak dirujuk dalam badan artikel, Format nama jurnal dan penerbit tidak konsisten, Buku lama masih dapat digunakan sebagai teori, tetapi perlu dilengkapi dengan sumber forecasting yang lebih mutakhir, Beberapa referensi belum mencantumkan halaman dan DOI.