



Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan

Riszki Fadillah¹, Intan Nur Fitriyani², Putri Ramadani³, Hafizhah Mardivta⁴

¹Teknologi Informasi, Ilmu Komputer, Institut Teknologi dan Kesehatan Ika Bina, Labuhanbatu, Indonesia

^{2,3}Sistem Informasi, Ilmu Komputer, Institut Teknologi dan Kesehatan Ika Bina, Labuhanbatu, Indonesia

⁴Sistem Informasi, Universitas Pamulang, Serang, Indonesia

Email: ¹fadillahriszki@gmail.com, ²intannurfitriyani732@gmail.com,

³putriramadani.utii@gmail.com, ⁴dosen03041@unpam.ac.id

Informasi Artikel

Diterima : 08-09-2025

Disetujui : 18-10-2025

Diterbitkan : 15-11-2025

ABSTRACT

This study aims to analyze the passport application patterns at the Immigration Office and forecast the number of applications for the coming years using the Exponential Smoothing (Holt-Winters) model. The data used includes the number of passport applications from 2022 to 2024. The analysis shows a significant increase in applications in the coming years, with predictions for 2025, 2026, and 2027 indicating a consistent growth pattern. While the model demonstrates good accuracy, the Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Squared Error (RMSE) calculations indicate overestimation for the 2024 forecast. The application of the Holt-Winters model in forecasting passport applications in the Immigration field is a novel contribution to the literature, as this method is rarely used in this context. The model provides a systematic quantitative approach to predict long-term trends in application data, which is crucial for more efficient service capacity planning. The implications of these findings suggest that, although the model can predict a consistent growth pattern, the overestimation in 2024 highlights the need for model adjustment in the future. Therefore, increasing service capacity through additional staff and optimizing the digital queuing system are strategic steps that should be implemented to handle the projected surge in applications. These measures are essential to ensure efficient service and the Immigration Office's preparedness for the ongoing rise in applications.

Keyword: *Passport Application, Forecasting, Exponential Smoothing, Holt-Winters, Service Capacity*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola permohonan paspor di Kantor Imigrasi dan memprediksi jumlah permohonan untuk beberapa tahun ke depan menggunakan model Exponential Smoothing (Holt-Winters). Data yang digunakan mencakup jumlah permohonan paspor dari 2022 hingga 2024. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam permohonan pada tahun-tahun mendatang, dengan prediksi untuk tahun 2025, 2026, dan 2027 menunjukkan pola pertumbuhan yang konsisten. Meskipun model ini menunjukkan akurasi yang cukup baik, penghitungan Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Squared Error (RMSE) mengindikasikan overestimasi pada ramalan tahun 2024. Penerapan model Holt-Winters dalam peramalan permohonan paspor di bidang Imigrasi merupakan kontribusi baru dalam literatur, mengingat jarang penerapan metode ini dalam konteks tersebut. Model ini memberikan pendekatan kuantitatif yang sistematis untuk memprediksi tren jangka panjang dalam data permohonan, yang krusial untuk perencanaan kapasitas layanan yang lebih efisien. Implikasi temuan ini menunjukkan bahwa meskipun model mampu memprediksi pola pertumbuhan yang konsisten, overestimasi pada tahun 2024 menunjukkan perlunya penyesuaian model di masa depan. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas layanan melalui penambahan jumlah petugas dan optimalisasi sistem antrian digital menjadi langkah strategis yang perlu diterapkan untuk menangani lonjakan permohonan yang diprediksi. Langkah-langkah ini akan memastikan efisiensi layanan dan kesiapan Kantor Imigrasi dalam menghadapi permohonan yang terus meningkat di masa depan.

Kata Kunci: Permohonan Paspor, Peramalan, Exponential Smoothing, Holt-Winters, Kapasitas Pelayanan

1. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya kebutuhan untuk bepergian ke luar negeri, jumlah permintaan paspor di Kantor Imigrasi Kelas II Non TPI Muara Enim mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Data dari Kantor Imigrasi mencatat lonjakan dalam permohonan paspor, terutama pada saat musim liburan, musim haji, atau akibat perubahan kebijakan pemerintah yang berdampak pada pendaftaran paspor. Hal ini mengharuskan Kantor Imigrasi untuk meningkatkan efisiensi dan responsivitas dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat (Nursanto and Akbar, 2025). Namun, pengelolaan lonjakan permohonan seringkali mengalami hambatan dalam merencanakan alokasi sumber daya dan kapasitas layanan yang tepat (Utama and Hardyansah, 2024). Masalah ini semakin parah dengan munculnya antrean panjang di kantor imigrasi, yang menyebabkan keluhan dari masyarakat terkait lambatnya layanan. Sebagai contoh, pada masa sibuk seperti saat haji atau liburan,

Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan

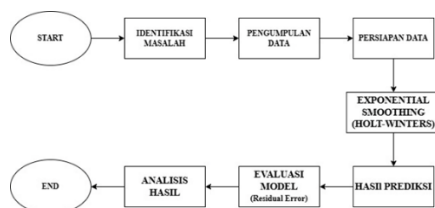
waktu tunggu dapat lebih dari tiga jam, dan beberapa pemohon harus menunggu selama beberapa hari untuk mendapatkan giliran. Dengan demikian, sangat penting untuk merancang pendekatan yang lebih sistematis dalam memprediksi permohonan paspor agar Kantor Imigrasi dapat merencanakan kapasitas layanan dengan lebih akurat dan menghindari penumpukan antrean(Quiñones, 2023).

Model Exponential Smoothing (Holt-Winters) telah terbukti ampuh dalam mendeteksi pola tren dalam data deret waktu, khususnya untuk data yang menunjukkan kecenderungan terus meningkat. Salah satu keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya dalam memperhitungkan perubahan tren dari data sebelumnya dan menghasilkan prediksi jangka panjang yang lebih tepat(Saleh *et al.*, 2024). Jika dibandingkan dengan metode peramalan lainnya seperti ARIMA, yang lebih rumit dan memerlukan penambahan parameter, Holt-Winters memberikan pendekatan yang lebih sederhana namun tetap efektif dalam menangani data dengan pola musiman atau tren linier(Tarno, 2024). Meskipun penggunaannya dalam konteks peramalan permohonan paspor masih terbatas, model ini menawarkan solusi yang bermanfaat untuk memperkirakan lonjakan permohonan paspor di masa mendatang, yang dapat membantu Kantor Imigrasi dalam merencanakan kapasitas layanan dengan lebih efisien(Rahmawati, 2023).

Pada penelitian ini, model Exponential Smoothing (Holt-Winters) akan dikembangkan dengan mengintegrasikan variasi data yang lebih komprehensif guna meningkatkan akurasi prediksi(Hardinata and Goldameir, 2024). Variasi data yang dimaksud mencakup jenis permohonan (baru, perpanjangan, hilang), tujuan paspor (wisata, studi, haji), serta faktor eksternal seperti keadaan ekonomi, kebijakan pemerintah terkait perjalanan internasional, dan krisis global yang mempengaruhi mobilitas(Medya, Ir and Kamila, 2022). Memasukkan faktor-faktor eksternal ini sangat penting untuk menyusun peramalan yang lebih realistis, karena pola permohonan paspor tidak hanya dipengaruhi oleh data historis permohonan itu sendiri, tetapi juga oleh variabel lain yang memediasi keputusan masyarakat dalam mengajukan permohonan paspor (Faisol, 2020). Oleh karena itu, pengembangan model ini bertujuan untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat, yang nantinya akan membantu Kantor Imigrasi dalam merencanakan kapasitas layanan dan mempersiapkan sumber daya untuk menangani permohonan paspor dengan lebih baik di masa depan(Harahap *et al.*, 2022).

2. METODE

Pada Penelitian ini menggunakan data Permohonan Paspor tahun 2022 sampai dengan 2024. Data tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan Model *Exponential Smoothing (Holt-Winters)* untuk memprediksi permohonan pembuatan paspor pada tahun 2025, 2026, 2027. Berikut ini tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Tahapan-Tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Identifikasi Masalah

Dimulai dengan mengeksplorasi berbagai sumber yang relevan, khususnya yang berhubungan dengan peramalan. Dari analisis itu, akan timbul gagasan yang menjadi dasar untuk melaksanakan penelitian(Hassyddiqy *et al.*, 2023).

b. Pengumpulan Data

Data yang dipakai dalam kajian ini terbatas pada pengajuan paspor dari tahun 2022 hingga 2024 pada Kantor Imigrasi Kelas II Non TPI Muara Enim. Pembatasan ini ditetapkan karena penelitian berfokus pada tren pengajuan paspor yang lebih mutakhir, dengan tujuan agar prediksi yang diperoleh lebih relevan dan tepat untuk beberapa tahun mendatang. Menggunakan data dari tiga tahun terakhir memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai pola permohonan paspor yang berlangsung baru-baru ini dan lebih mencerminkan kondisi terkini yang mungkin dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti perubahan kebijakan, keadaan ekonomi, atau tren perjalanan internasional.

Walaupun data yang lebih panjang dapat memberikan pandangan yang lebih luas, kajian ini mengutamakan periode yang lebih singkat guna memastikan akurasi yang lebih tinggi dalam model prediksi dan relevansi terhadap keadaan saat ini. Oleh karena itu, pemanfaatan data dari tiga tahun terakhir dianggap cukup untuk menangkap pola permohonan paspor yang paling representatif, serta dapat dimanfaatkan untuk merencanakan kapasitas layanan di masa depan, mengingat adanya perubahan yang berlangsung cepat pada kebijakan dan kondisi masyarakat.

c. Persiapan Data

Pada fase Persiapan Data, dilakukan pemeriksaan untuk memastikan kualitas data yang akan digunakan dalam proses peramalan(Hardinata and Goldameir, 2024). Data yang dipakai terbatas pada dua variabel utama, yaitu tahun dan total permohonan paspor(Indah *et al.*, 2022). Tidak ada nilai yang hilang dalam data ini, tetapi jika ada, nilai yang hilang akan ditangani dengan metode imputasi, menggunakan rata-rata untuk variabel numerik seperti jumlah permohonan(Fan *et al.*, 2021). Selain itu, dilakukan identifikasi terhadap outlier yang dapat memengaruhi hasil peramalan, dan jika ditemukan, outlier tersebut akan dihapus atau diubah. Setelah pemilihan atribut untuk menjaga variabel yang penting, data yang telah dibersihkan dan dipersiapkan akan siap digunakan dalam pemodelan Exponential Smoothing (Holt-Winters) untuk menghasilkan proyeksi jumlah permohonan paspor di masa depan(Sharifnia and Thapa, 2025).

d. *Exponential Smoothing (Holt-Winters)*

Exponential Smoothing adalah teknik yang terus-menerus diterapkan untuk menghitung rata-rata dari data masa lalu secara eksponensial guna memperbaiki proses peramalan(Marita and Darwati, 2025). *Double Exponential Smoothing* adalah teknik prediksi yang umumnya diterapkan pada data yang memiliki pola musiman(Pertiwi, 2020). Proses ini melibatkan dua tahap pemulusan. Berikut adalah rumus untuk peramalan dalam metode *Double Exponential Smoothing*(Nirmala, Harjadi and Awaluddin, 2021):

Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode
Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan

$$S''_t = aS'_t = (1 - a)S''_t - 1 \quad (1)$$

$$at = 2S'_t + S''_t \quad (2)$$

$$bt = a(1 - (S'_t - S''_t)) \quad (3)$$

dimana, S'_t adalah Nilai pemulusan exponential tunggal; S''_t adalah nilai pemulusan exponential ganda; a adalah nilai dari konstanta a ; b adalah nilai dari konstanta b ; α adalah nilai $Alpha$ ($0 < \alpha < 1$) (Yuwono, 2022).

e. Hasil Prediksi

Hasil Prediksi merupakan hasil yang didapatkan melalui pemodelan *Exponential Smoothing (Holt-Winters)*. Berdasarkan pemodelan dengan Exponential Smoothing (Holt-Winters), diperoleh prediksi jumlah permohonan paspor untuk 2025, 2026, dan 2027. Model Additive (Tren Aditif) dipilih karena data menunjukkan pertumbuhan yang konsisten dan linier. Model ini lebih sesuai karena perubahan data bersifat konstan, sementara model Multiplikatif lebih cocok untuk data dengan pertumbuhan eksponensial, yang tidak ditemukan pada data permohonan paspor ini. Dengan demikian, model Additive menghasilkan prediksi yang realistis dan sesuai dengan pola historis.

f. Evaluasi Model *Residual Error*

Kesalahan residual adalah perbedaan antara nilai yang sebenarnya dan nilai yang diperkirakan oleh model. Ini mengukur seberapa besar kekeliruan model dalam memprediksi data, dengan rumus:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (4)$$

g. Analisis Hasil

Tahap dimana Melakukan analisis terhadap model yang telah digunakan dan bagaimana kinerja terhadap data yang digunakan serta pengaruh hasil yang dihasilkan oleh model pada organisasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan dengan menggunakan data tren permohonan paspor berdasarkan data dari tahun 2022 hingga 2024. Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan identifikasi pola atau tren yang ada dalam data permohonan paspor, serta untuk memprediksi jumlah permohonan mendatang menggunakan model *Exponential Smoothing (Holt-Winters)*. Prediksi yang akan dilakukan dengan data yang ada yaitu prediksi untuk tahun 2025 hingga 2027 kedepan.

3.1. Data Awal

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data Permohonan Pembuatan Paspor pada Januari Tahun 2022 sampai dengan Desember 2024. Data tersebut diambil pada Kantor Imigrasi Kelas II Non TPI Muara Enim. Data yang diambil merupakan data

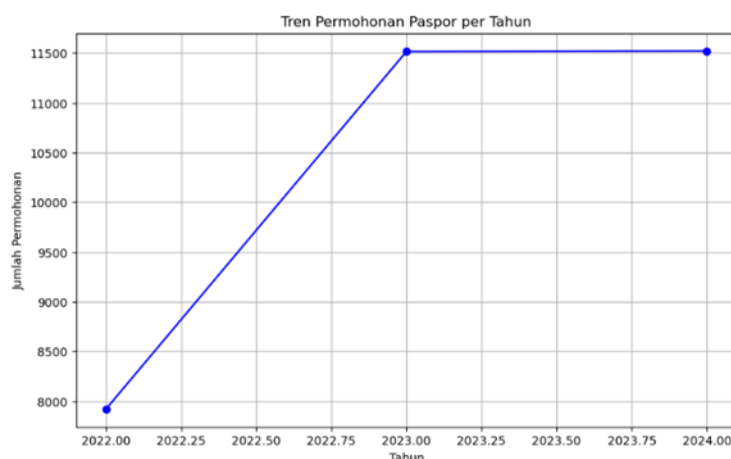
Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan

akumulasi Permohonan paspor yang di ajukan pada berbagai jenis kebutuhan masyarakat yang akan melakukan perjalanan. Berikut merupakan data Jumlah Permohonan Pembuatan Paspor dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Permohonan Paspor 2022-2024

Tahun	Jumlah Permohonan
2022	7921
2023	11517
2024	11522

Data tersebut merupakan data permohonan paspor pada tahun 2022 sampai dengan 2024 dengan jumlah permohonan pada tahun 2022 yaitu 7921, tahun 2023 yaitu 11.517, serta pada tahun 2024 yaitu 11.522. Data ini nantinya yang akan digunakan untuk melakukan prediksi menggunakan *Exponential Smoothing (Holt-Winters)*.



Gambar 2. Tren Jumlah Permohonan Paspor

Data permohonan paspor pertahun dilakukan visualisasi dalam bentuk grafik garis. Grafik ini membantu untuk melihat pola musiman atau tren jangka panjang dalam jumlah permohonan.

3.2. Membangun Model *Exponential Smoothing (Holt-Winters)*

Pada tahap ini akan dilakukan pembangunan model *Exponential Smoothing (Holt-Winters)* untuk melakukan analisis tren pada data permohonan paspor. Model ini menggunakan data historis atau data terdahulu yang telah ada pada penelitian ini yaitu data permohonan paspor pada tahun 2022 sampai dengan 2024 yang nantinya akan digunakan untuk memprediksi nilai masa depan dengan memberikan bobot lebih besar pada data tertentu.

Dalam memperhitungkan trend dalam data *Exponential Smoothing* menggunakan nilai masa lalu yang akan mempengaruhi hasil prediksi dimasa depan dengan cara aditif (penambahan nilai tren yang stabil). Model ini memiliki tiga komponen utama (Yoel *et al.*, 2025).

Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan

a. *Smoothing Level* (α)

Menentukan seberapa besar pengaruh data terbaru terhadap peramalan.

b. *Smoothing Trend* (β)

Menentukan seberapa besar pengaruh perubahan tren terhadap peramalan.

c. *Intial Level* dan *Initial Trend*

Menentukan nilai awal data dan tren yang digunakan sebagai dasar untuk peramalan (Solikha., 2024).

Setelah pembangunan model, parameter tersebut dioptimalkan untuk memberikan hasil peramalan yang terbaik berdasarkan data yang digunakan (Harahap *et al.*, 2022). Berikut ini hasil pembangunan model menggunakan *Exponential Smoothing (Holt-Winters)* untuk menangkap trend dalam data (Hani'ah and Kurniawan, 2023). Hasil pemodelan dengan menggunakan *Exponential Smoothing* dapat dilihat pada gambar berikut.

ExponentialSmoothing Model Results			
=====			
Dep. Variable:	None	No. Observations:	
3			
Model:	ExponentialSmoothing	SSE	6036887.62
8			
Optimized:	True	AIC	51.54
4			
Trend:	Additive	BIC	47.93
9			
Seasonal:	None	AICC	in
f			
Seasonal Periods:	None	Date:	Fri, 07 Nov 202
5			
Box-Cox:	False	Time:	09:20:5
8			
Box-Cox Coeff.:	None		
=====			
	coeff	code	optimized

smoothing_level	0.6197036	alpha	True
smoothing_trend	0.6196930	beta	True
initial_level	6690.8479	l.0	True
initial_trend	1894.5052	b.0	True

Gambar 3. Hasil Pemodelan *Exponential Smoothing*

Model *Exponential Smoothing (Holt-Winters)* diterapkan pada data permohonan paspor telah berhasil mengidentifikasi pola tren aditif (linear) dalam data permohonan paspor tersebut (Martadireja, 2025). Tren aditif berarti jumlah permohonan paspor meningkat secara konsisten setiap tahunnya tanpa adanya pola musiman yang terjadi secara signifikan. (Martadireja, 2025) Beberapa hal yang ditemukan dalam hasil Model *Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut.

a. *Smoothing Level* ($\alpha = 0.6197$)

Hal ini menunjukkan bahwa model memberikan pengaruh moderat terhadap data terbaru dalam peramalan. Artinya model lebih responsif terhadap data terkini, tetapi tidak berlebihan

b. *Smoothing Trend* ($\beta = 0.6169$)

Mengindikasikan bahwa model juga memberikan pengaruh yang cukup besar pada tren yang ada, sehingga perubahan tren di masa depan dapat diakomodasi dengan baik.

c. Initial Level (6690.85)

Menunjukkan bahwa model memulai peramalan dengan jumlah permohonan paspor sekitar 6690 pada tahun pertama

d. Initial Trend (1894.50)

Menunjukkan bahwa model memulai dengan tren kenaikan yang signifikan (sekitar 1894 permohonan per tahun)

Model Pelunakan Eksponensial (Holt-Winters) mengoptimalkan dua parameter utama: Tingkat Pelunakan ($\alpha = 0.6197$) dan Tren Pelunakan ($\beta = 0.6169$). Tingkat Pelunakan (α) memberikan porsi 61.97% pada data terkini, sehingga model ini peka terhadap perubahan terbaru, tetapi tetap realistis tanpa memberikan reaksi berlebihan. Di sisi lain, Tren Pelunakan (β) dengan persentase 61.69% memungkinkan model untuk beradaptasi dengan perubahan tren jangka panjang, menjaga stabilitas dalam mengikuti tren permohonan paspor. Gabungan kedua parameter ini menciptakan model yang responsif terhadap informasi terbaru tetapi tetap stabil dalam mengikuti tren jangka panjang, sehingga menghasilkan prediksi yang tepat meskipun data yang tersedia terbatas. Tingkat Awal (6690.85) memulai estimasi permohonan paspor pada tahun pertama, sedangkan data faktual 2022 menunjukkan 7921 permohonan, yang lebih tinggi, menggambarkan penyesuaian model terhadap data nyata. Sementara itu, Tren Awal (1894.50) memperkirakan pertumbuhan permohonan sekitar 1894 permohonan per tahun, memungkinkan model mengikuti peningkatan tahunan. Kombinasi Tingkat Awal dan Tren Awal memastikan bahwa model memulai peramalan dengan estimasi yang realistis dan kemudian menyesuaikan prediksi berdasarkan data aktual yang tersedia, sehingga menghasilkan peramalan yang lebih tepat.

3.3. Hasil Peramalan

Setelah melakukan pemodelan dengan menggunakan *Exponential Smoothing (Holt-Winter)* yang telah dilatih untuk memperkirakan jumlah permohonan paspor untuk 3 tahun kedepan yaitu pada tahun 2025, 2026, 2027. Model ini memberikan hasil prediksi berdasarkan data historis yang telah di analisis sebelumnya yaitu data permohonan paspor tahun 2022 sampai dengan tahun 2024. Berikut ini merupakan hasil peramalan menggunakan Model *Exponential Smoothing (Holt-Winter)* dapat dilihat pada gambar 4 berikut.

```
Peramalan menggunakan Exponential Smoothing untuk 3 tahun: 3    13809.626774
4    15473.289311
5    17136.951848
dtype: float64
   Tahun  Peramalan Permohonan
3   2025         13809.626774
4   2026         15473.289311
5   2027         17136.951848
```

Gambar 4. Hasil Peramalan 3 Tahun Kedepan

Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan

Hasil pemodelan dengan menggunakan *Exponential Smoothing* menunjukkan prediksi pada tahun 2025 terdapat 13.809,63 permohonan, tahun 2026 terdapat 15.473,29 permohonan, dan sedangkan tahun 2027 terdapat 17.136,95. Berikut ini visualisasi hasil pemodelan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



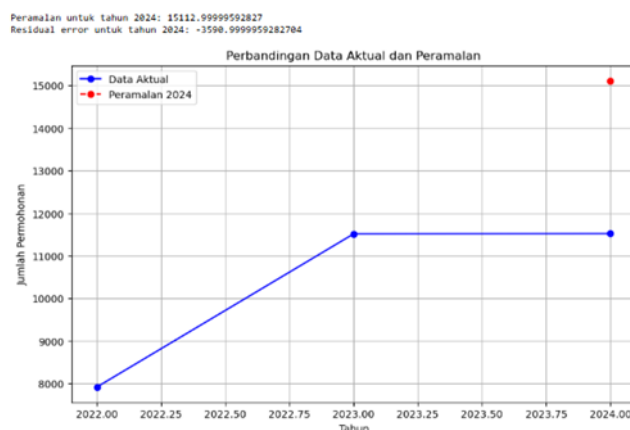
Gambar 5. Hasil Tren Permohonan dan Peramalan 3 Tahun Kedepan

Peramalan pada model ini menggunakan elemen tren aditif, yang berasumsi bahwa perkembangan data akan terus meningkat secara tetap setiap tahunnya. Estimasi untuk tahun 2025, 2026, dan 2027 masing-masing mencapai 13.809,63, 15.473,29, dan 17.136,95 aplikasi, mencerminkan pola pertumbuhan yang konsisten, sesuai dengan tren aditif yang teramati dalam data historis dari tahun 2022 hingga 2024. Model ini telah dioptimalkan menggunakan Smoothing Level ($\alpha = 0,6197$) dan Smoothing Trend ($\beta = 0,6169$), sehingga responsif terhadap informasi terbaru dan pergeseran tren jangka panjang, memungkinkan model ini untuk menangkap pola yang stabil dan memberikan estimasi yang tepat. Dengan demikian, hasil peramalan ini menegaskan pola pertumbuhan yang berkesinambungan dan menunjukkan bahwa tren aplikasi paspor yang stabil diprediksi akan terus berlanjut ke depan.

3.4. Evaluasi Model

Setelah peramalan dilakukan dengan menggunakan pemodelan *Exponential Smoothing* akan dilakukan evaluasi model berdasarkan *residual error* (selisih antara nilai yang di prediksi dan nilai aktual) jika data uji tersedia. Untuk peramalan 3 tahun kedepan dengan data historis terbatas peramalan cukup melihat sebagai estimasi berdasarkan data tren. Langkah awal dalam data uji dengan *Residual Error* yaitu dengan menyiapkan data uji dan hasil peramalan barulah dilakukan *residual error*. Berikut ini hasil perhitungan *residual error* sebagai berikut.

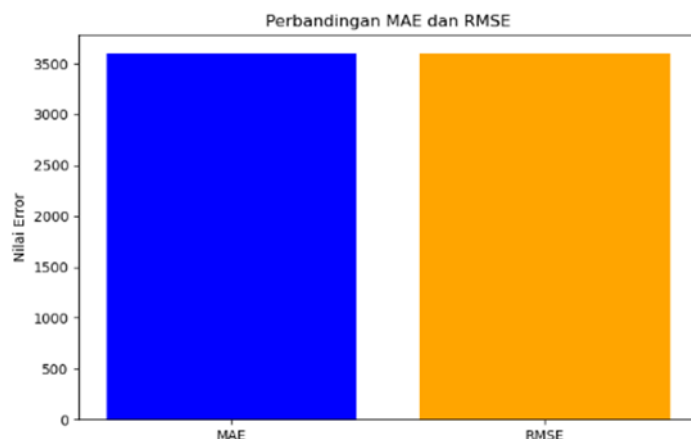
Perkiraan Pola Permintaan Paspor di Kantor Imigrasi dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing untuk Memaksimalkan Layanan



Gambar 6. Perbandingan Data Aktual dan Peramalan

Perbandingan antara data aktual dan hasil prediksi untuk tahun 2024 dengan menggunakan model Exponential Smoothing (Holt-Winters) menunjukkan bahwa jumlah permohonan nyata pada tahun 2024 adalah 11. 511. Sementara itu, nilai perkiraan yang ditunjukkan oleh titik merah untuk tahun yang sama adalah 15. 113 permohonan. Perbedaan antara kedua angka tersebut menghasilkan kesalahan residual sebesar -3. 591, yang menunjukkan bahwa prediksi tidak akurat. Besar nilai kesalahan residual ini menunjukkan bahwa model memberikan proyeksi yang terlalu tinggi dibandingkan dengan jumlah permohonan yang sebenarnya terjadi pada tahun 2024.

Setelah menghitung residual error selanjutnya dilakukan evaluasi *Residual error* dengan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Maka didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 7. Perbandinhan MAE dan RMSE

Berdasarkan perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE), kedua metrik ini memperoleh nilai 3,602. Ini menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan antara hasil prediksi dan data sebenarnya adalah 3,602 permohonan. Hal ini menunjukkan bahwa baik MAE maupun RMSE memberikan informasi yang sama mengenai tingkat kesalahan dari model ramalan, di mana RMSE memiliki nilai yang sama dengan

MAE. Dalam konteks ini, perbedaan antara kedua metrik tersebut tidak begitu signifikan, yang mengindikasikan bahwa tidak ada kesalahan besar atau outlier yang sangat mempengaruhi model peramalan.

Nilai MAE dan RMSE sebesar 3,602 terasa terlalu kecil mengingat residual error pada tahun 2024 adalah -3.591. Hal ini disebabkan oleh jumlah data yang terbatas, karena hanya menggunakan satu titik data (tahun 2024). Untuk hasil yang lebih bermakna, perhitungan MAE dan RMSE sebaiknya dilakukan dengan lebih banyak titik data. Berdasarkan prediksi yang menunjukkan peningkatan signifikan permohonan paspor hingga tahun 2027, Kantor Imigrasi harus mempersiapkan kapasitas layanan yang lebih besar, seperti menambah petugas dan fasilitas, serta meningkatkan sistem antrian. Meskipun model menunjukkan overestimation, komunikasi yang lebih efektif dan penerapan teknologi untuk mempermudah proses permohonan sangat dianjurkan. Penilaian rutin terhadap model juga penting untuk memastikan akurasi dan memperbaiki kebijakan.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dengan Exponential Smoothing (Holt-Winters), ditemukan bahwa model ini memberikan parameter optimal dengan Smoothing Level ($\alpha = 0.6197$) dan Smoothing Trend ($\beta = 0.6169$), yang memungkinkan model untuk merespons dengan baik terhadap data terbaru sekaligus mempertahankan stabilitas dalam mengidentifikasi tren jangka panjang. Pola tren aditif yang teridentifikasi dalam data historis menunjukkan bahwa jumlah permohonan paspor mengalami peningkatan yang konsisten setiap tahunnya, tanpa adanya fluktuasi musiman yang signifikan. Namun, meskipun model ini dapat mengidentifikasi pola tren secara efektif, terdapat masalah overestimasi pada tahun 2024, di mana prediksi model jauh lebih tinggi daripada data aktual, menunjukkan bahwa faktor eksternal yang tidak terakomodasi dalam model, seperti perubahan kebijakan atau krisis global, dapat mempengaruhi akurasi peramalan. Temuan ini menyoroti pentingnya memasukkan faktor eksternal dalam pemodelan untuk meningkatkan akurasi prediksi di masa depan. Secara keseluruhan, model ini memberikan wawasan yang berguna mengenai proyeksi permohonan paspor, namun evaluasi dan penyesuaian terhadap faktor eksternal sangat penting untuk mengoptimalkan hasil prediksi.

4.2. Saran

Untuk meningkatkan akurasi model prediksi permohonan paspor, disarankan agar Kantor Imigrasi memperluas jenis data yang digunakan, termasuk kategori permohonan, tujuan penggunaan paspor, dan data musiman seperti liburan atau periode haji, serta memasukkan faktor eksternal seperti situasi ekonomi atau kebijakan pemerintah yang mempengaruhi perjalanan internasional. Selain itu, karena model Exponential Smoothing (Holt-Winters) yang digunakan tidak menangani komponen musiman, direkomendasikan untuk mencoba model peramalan seperti SARIMA atau Prophet, yang dapat secara eksplisit menangani data musiman dan memberikan prediksi yang lebih akurat serta sesuai dengan fluktuasi permohonan paspor.

DAFTAR PUSTAKA

- Faisol, N.N.A. (2020) 'Forecasting Seasonal Time Series Data using The Holt-Winters Exponential Smoothing Method of Additive Models', 16(2), pp. 151–157. Available at: <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n2.29293.151-157>.
- Fan, C. *et al.* (2021) 'A Review on Data Preprocessing Techniques Toward Efficient and Reliable Knowledge Discovery From Building Operational Data', 9(March), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.652801>.
- Hani'ah, M. and Kurniawan, Y. (2023) 'Optimasi Parameter Holt–Winters Exponential Smoothing Menggunakan Multivariabel Golden Section Untuk Prediksi Penjualan Mobil Indonesia', *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), pp. 596–609.
- Harahap, F.R. *et al.* (2022) 'Optimization Of Holt-Winters Exponential Smoothing Parameters Using The Golden Section And Dichotomous Search Method', *Jurnal Matematika dan pendidikan Matematika*, pp. 104–115.
- Hardinata, F. and Goldameir, N.E. (2024) 'Peramalan Exponential Smoothing Holt-winters Pada Data Jumlah Produksi Kelapa Sawit di Perkebunan Besar Swasta Provinsi Riau', *Jurnal Lingkungan*, 6496, pp. 88–96.
- Hassyyddiqy, H. *et al.* (2023) 'Analisis Peramalan (Forecasting) Penjualan Dengan Metode (Autoregressive Integrated Moving Average) Pada Huebee Indonesia', 2(2), pp. 92–100.
- Indah, N. *et al.* (2022) 'SISTEM FORECASTING PENJUALAN BERAS DENGAN MENERAPKAN', 6(2), pp. 901–907.
- Marita, L.S. and Darwati, I. (2025) 'Prediksi Persediaan Barang Menggunakan Metode Weighted Moving Average , Exponential Smoothing dan Simple Moving Average', *Jurnal TEKNO KOMPAK*, 16(1), pp. 56–68.
- Martadireja, B.T.W.V.N.F.O.P. (2025) 'PERAMALAN JUMLAH PERMOHONAN PASPOR: SYSTEMIC LITERATURE REVIEW', *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10, pp. 423–434.
- Medya, N., Ir, L. and Kamila, I. (2022) 'METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING DALAM', 2(1), pp. 23–31.
- Nirmala, V.W., Harjadi, D. and Awaluddin, R. (2021) 'Sales Forecasting by Using Exponential Smoothing Method and Trend Method to Optimize Product Sales in PT . Zamrud Bumi Indonesia During the Covid-19 Pandemic', 1(4), pp. 59–64.
- Nursanto, G.A. and Akbar, R.S. (2025) 'The Impact of E-Passport Adoption on Public Trust and Immigration Management Systems in Indonesia', 13(3), pp. 1849–1858. Available at: <https://doi.org/10.37641/jimkes.v13i3.3325>.

- Pertiwi, D.D. (2020) 'Applied Exponential Smoothing Holt-Winter Method for Rainfall Forecast in Mataram City', 1(2), pp. 10–13.
- Quiñones, H. (2023) 'Demand Forecasting Using a Hybrid Model Based on Artificial Neural Networks : A Study Case on Electrical Products', 16(2), pp. 363–381.
- Rahmawati, F.I. (2023) 'PERAMALAN KEDATANGAN WISATAWAN MANCANEGARA INDONESIA: METODE HOLT ' S WINTER EXPONENTIAL SMOOTHING', pp. 233–241.
- Saleh, A. *et al.* (2024) 'The Implementation of Holt-Winters Method to Forecast the Loan Interest Rate of Indonesia', 5(3), pp. 3–8.
- Sharifnia, A.M. and Thapa, D.K. (2025) 'A Primer of Data Cleaning in Quantitative Research: Handling Missing Values and Outliers', pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1111/jan.16908>.
- Solikha., T.S.H.S.B.I.P.S.Z.S.N.R. (2024) 'Multitek Indonesia : Jurnal Ilmiah ONION CRACKERS SALES FORECASTING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD AND HOLT ' S DOUBLE EXPONENTIAL', *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 6223(1), pp. 17–27.
- Tarno, I.R.A.T.W. (2024) 'Holt winters exponential smoothing untuk meramalkan produk domestik bruto di indonesia', *JURNAL GAUSSIAN*, 13(2010), pp. 219–229. Available at: <https://doi.org/10.14710/j.gauss.13.1.219-229>.
- Utama, C.Y. and Hardyansah, R. (2024) 'Implementation of Law Number 6 of 2011 concerning Immigration in the Immigration Work Unit of Bojonegoro Regency', 13(4), pp. 1060–1068.
- Yoel, R. *et al.* (2025) 'Perbandingan Metode Triple Exponential Smoothing Additive dan Additive Parameter Damped untuk Peramalan Indeks Harga Konsumen Perbandingan Metode Triple Exponential Smoothing Additive dan Additive Parameter Damped untuk Peramalan Indeks Harga Konsumen', 13(1), pp. 77–83.
- Yuwono, N.R.S.Y. (2022) 'PERBANDINGAN BERBAGAI METODE EXPONENTIAL Yulianto2, N.R.Y.S. (2022) "PERBANDINGAN BERBAGAI METODE EXPONENTIAL", 01, pp. 155–165.', *Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dn Komunikasi*, 01, pp. 155–165.