

Peramalan Permintaan *Packaging* Piano Menggunakan Metode *Brown's Double Exponential Smoothing* di PT. Empat Perdana Carton

Alya Zakia Rahmah*, Asep Erik Nugraha

Program Studi Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat

*Koresponden email: alyazakia109@gmail.com

Diterima: 6 Juli 2026

Disetujui: 27 Juli 2026

Abstract

PT Empat Perdana Carton is a manufacturing company engaged in carton packaging production, including piano packaging. Fluctuating customer demand can cause mismatches between production planning and actual orders, resulting in excess inventory or delayed fulfillment. This study aims to forecast the demand for piano packaging using the Brown's Double Exponential Smoothing method. The research applied a quantitative time series approach using monthly historical demand data from January 2024 to December 2025. Data processing was carried out by testing smoothing parameter values and optimizing the selected value using Microsoft Excel Solver. Forecasting accuracy was evaluated using Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and Tracking Signal. The results showed that the demand pattern fluctuated but tended to increase, making Brown's Double Exponential Smoothing suitable for the data characteristics. The optimal parameter was $\alpha = 0.6$, with MAD of 38, MSE of 2,124, and MAPE of 6%. The 2026 forecast increased from 953 units in January to 1,261 units in December, totaling 13,284 units. The Tracking Signal remained within control limits, indicating that the forecasting model was stable and feasible for supporting production planning.

Keywords: Demand forecasting, piano packaging, Brown's Double Exponential Smoothing, time series, forecast accuracy

Abstrak

PT Empat Perdana Carton merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi kemasan karton, termasuk *packaging* piano. Permintaan pelanggan yang berfluktuasi dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara perencanaan produksi dan pesanan aktual, sehingga berpotensi menimbulkan kelebihan persediaan atau keterlambatan pemenuhan pesanan. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan permintaan *packaging* piano menggunakan metode *Brown's Double Exponential Smoothing*. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis deret waktu dengan data historis permintaan bulanan periode Januari 2024 hingga Desember 2025. Pengolahan data dilakukan dengan menguji nilai parameter pemulusan dan mengoptimalkan parameter terpilih menggunakan *Microsoft Excel Solver*. Akurasi peramalan dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Tracking Signal*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola permintaan bersifat fluktuatif tetapi cenderung meningkat, sehingga metode *Brown's Double Exponential Smoothing* sesuai dengan karakteristik data. Parameter optimal diperoleh pada $\alpha = 0,6$, dengan nilai MAD sebesar 38, MSE sebesar 2.124, dan MAPE sebesar 6%. Hasil peramalan tahun 2026 meningkat dari 953 unit pada Januari menjadi 1.261 unit pada Desember, dengan total ramalan sebesar 13.284 unit. Nilai *Tracking Signal* berada dalam batas kendali, sehingga model peramalan dinilai stabil dan layak digunakan untuk mendukung perencanaan produksi.

Kata Kunci: peramalan permintaan, *packaging* piano, *brown's double exponential smoothing*, deret waktu, akurasi peramalan

1. Pendahuluan

Perkembangan industri manufaktur menuntut perusahaan untuk mampu menyusun perencanaan produksi secara tepat agar dapat menyesuaikan jumlah produksi dengan kebutuhan pelanggan. Salah satu permasalahan yang sering muncul dalam kegiatan produksi adalah ketidakpastian permintaan (*demand uncertainty*) yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara jumlah produk yang diproduksi dan permintaan aktual. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan kelebihan persediaan, kekurangan produk, peningkatan biaya operasional, serta keterlambatan pemenuhan pesanan. Oleh karena itu, perusahaan

memerlukan pendekatan berbasis data untuk memperkirakan kebutuhan pada periode mendatang. Peramalan (*forecasting*) menjadi salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu perusahaan dalam menyusun rencana produksi, kebutuhan bahan baku, serta pengendalian persediaan berdasarkan data historis [1].

Permintaan merupakan informasi penting dalam sistem perencanaan dan pengendalian produksi karena menjadi dasar dalam menentukan kapasitas, kebutuhan material, jadwal produksi, serta pengelolaan sumber daya. Permintaan yang berfluktuasi perlu dianalisis dengan metode yang tepat agar perusahaan tidak hanya bergantung pada perkiraan subjektif dalam mengambil keputusan produksi [2]. Perubahan permintaan dapat dipengaruhi oleh pola pemesanan pelanggan, kondisi pasar, kebutuhan produksi konsumen utama, serta karakteristik produk yang dihasilkan. Apabila pola permintaan tidak dianalisis secara tepat, perusahaan dapat mengalami ketidakseimbangan antara produksi dan kebutuhan aktual pelanggan [3]. Perencanaan produksi yang baik perlu menciptakan keseimbangan antara permintaan dan kapasitas produksi agar perusahaan mampu merespons perubahan pasar serta menekan biaya operasional yang tidak diperlukan [4].

PT Empat Perdana Carton merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam industri kemasan karton, termasuk produk *packaging* piano. Dalam kegiatan operasionalnya, permintaan *packaging* piano mengalami perubahan dari satu periode ke periode berikutnya. Fluktuasi tersebut dapat menimbulkan ketidaksesuaian antara rencana produksi dan pesanan aktual apabila tidak didukung oleh metode peramalan yang sesuai. Oleh karena itu, analisis peramalan diperlukan agar perusahaan dapat memperoleh estimasi permintaan pada periode mendatang dan menyusun perencanaan produksi secara lebih efektif [5].

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam peramalan permintaan adalah metode deret waktu (*time series*). Pendekatan ini menggunakan data historis berdasarkan urutan waktu untuk mengidentifikasi pola perubahan dan memperkirakan nilai pada periode berikutnya. Data historis dapat menunjukkan pola stabil, fluktuatif, musiman, maupun memiliki kecenderungan *trend*, sehingga pemilihan metode peramalan perlu disesuaikan dengan karakteristik data yang dianalisis [6]. Pendekatan *time series* relevan digunakan dalam peramalan permintaan produk manufaktur karena mampu menggambarkan perubahan permintaan dari waktu ke waktu [7]. Selain itu, peramalan kuantitatif dinilai lebih objektif karena menggunakan data numerik dan dapat dievaluasi tingkat akurasi melalui ukuran kesalahan tertentu [8].

Metode *Exponential Smoothing* merupakan salah satu metode peramalan deret waktu yang memberikan bobot lebih besar pada data terbaru, sehingga hasil prediksi lebih responsif terhadap perubahan aktual. Namun, *Single Exponential Smoothing* lebih sesuai digunakan pada data yang relatif stabil dan kurang mampu menangkap pola *trend* secara kuat. Untuk data yang memiliki kecenderungan meningkat atau menurun, metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dapat digunakan karena melakukan dua tahap pemulusan untuk menghasilkan estimasi *level* dan *trend*. Metode ini menggunakan satu parameter pemulusan, yaitu α , sehingga proses perhitungannya relatif sederhana dan sesuai untuk data permintaan yang memiliki kecenderungan *trend* [9], [10], [11].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* mampu menghasilkan akurasi yang baik pada data berpola *trend*. Metode *Double Exponential Smoothing Brown* pada data penerbitan sertifikat tanah dan memperoleh nilai MAPE sebesar 0,43% [12]. Metode *Double Exponential Smoothing* untuk memprediksi jumlah pengunjung wisata dengan nilai MAPE sebesar 16,36% [13]. *Holt Double Exponential Smoothing* pada data produksi telur ayam dan memperoleh nilai MAPE sebesar 0,59% [14]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* dapat digunakan untuk membantu memperkirakan nilai pada periode mendatang, khususnya pada data yang memiliki kecenderungan perubahan dari waktu ke waktu.

Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan permintaan *packaging* piano di PT Empat Perdana Carton menggunakan metode *Brown's Double Exponential Smoothing*. Data yang digunakan berupa data historis permintaan bulanan periode Januari 2024 hingga Desember 2025. Penelitian ini berfokus pada identifikasi pola permintaan, penentuan nilai parameter pemulusan α yang optimal, serta evaluasi akurasi peramalan menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Tracking Signal*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam menyusun perencanaan produksi yang lebih tepat, mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan produk, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode peramalan deret waktu (*time series*). Pendekatan kuantitatif dipilih karena data yang dianalisis berupa angka permintaan bulanan produk *packaging* piano. Metode peramalan kuantitatif menggunakan data numerik sebagai dasar analisis,

sehingga sesuai digunakan untuk menghasilkan estimasi yang dapat dihitung dan dievaluasi tingkat akurasi [15]. Objek penelitian ini adalah permintaan produk *packaging* piano pada PT Empat Perdana Carton. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data historis permintaan bulanan periode Januari 2024 sampai Desember 2025 yang diperoleh dari catatan internal perusahaan. Pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi data permintaan, observasi terhadap kegiatan produksi, serta wawancara terbatas dengan pihak perusahaan yang berkaitan dengan perencanaan produksi dan pengelolaan permintaan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Brown's Double Exponential Smoothing*. Metode ini dipilih karena data permintaan menunjukkan pola fluktuatif dengan kecenderungan meningkat, sehingga diperlukan metode peramalan yang mampu menangkap unsur *trend*. Metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dapat digunakan untuk meramalkan data yang memiliki kecenderungan perubahan dari waktu ke waktu dengan mempertimbangkan nilai kesalahan seperti MAD, MSE, dan MAPE [16]. Selain itu, metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown merupakan metode pemulusan satu parameter yang dapat digunakan untuk memperoleh hasil prediksi dengan menentukan nilai α terbaik berdasarkan nilai kesalahan peramalan terkecil [17].

Tahapan pengolahan data dimulai dengan menyusun data permintaan bulanan sesuai urutan waktu, kemudian membuat plot data historis untuk melihat pola permintaan. Setelah itu, dilakukan perhitungan menggunakan metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dengan beberapa nilai parameter pemulusan α . Nilai α yang diuji berada pada rentang 0,2 sampai 0,9. Selanjutnya, dilakukan optimasi menggunakan *Microsoft Excel Solver* untuk memperoleh nilai α terbaik dengan fungsi tujuan meminimalkan nilai *Mean Squared Error* (MSE). Pemilihan nilai α pada metode *Double Exponential Smoothing* Brown dilakukan untuk memperoleh nilai kesalahan peramalan yang paling kecil, sehingga hasil prediksi menjadi lebih akurat [18].

Adapun tahapan perhitungan metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dilakukan melalui beberapa persamaan. Nilai pemulusan eksponensial pertama atau *single exponential smoothing* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}$$

Nilai pemulusan eksponensial kedua atau *double exponential smoothing* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}$$

Selanjutnya, nilai konstanta atau estimasi *level* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

Nilai estimasi *trend* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t)$$

Setelah nilai *level* dan *trend* diperoleh, maka hasil peramalan untuk periode mendatang dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

Kesalahan peramalan atau *forecast error* dihitung dengan membandingkan data aktual dan hasil peramalan, sebagaimana persamaan berikut:

$$e_t = \text{Demand}(X_t) - \text{Forecast}(F_t)$$

Keterangan:

S'_t : Nilai pemulusan eksponensial tunggal pada periode ke- t

S''_t : Nilai pemulusan eksponensial ganda pada periode ke- t

α : Konstanta pemulusan dengan nilai $0 < \alpha < 1$

X_t : Data aktual pada periode ke- t

S'_{t-1} : Nilai pemulusan eksponensial tunggal pada periode sebelumnya

S''_{t-1} : Nilai pemulusan eksponensial ganda pada periode sebelumnya

a_t : Nilai konstanta atau estimasi *level* pada periode ke- t

b_t : Nilai estimasi *trend* pada periode ke- t

F_{t+m} : Hasil peramalan untuk m periode ke depan

m : Jumlah periode ke depan yang akan diramalkan

Setelah hasil peramalan diperoleh, dilakukan pengukuran akurasi menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Tracking Signal*. Nilai MSE digunakan untuk menentukan parameter pemulusan α terbaik, sedangkan MAD dan MAPE digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan peramalan. Selain itu, *Tracking Signal* digunakan untuk mengevaluasi kestabilan hasil peramalan dan mendeteksi adanya bias [19], [20].

Nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD) digunakan untuk menghitung rata-rata kesalahan absolut antara data aktual dan hasil peramalan. Rumus MAD adalah sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - F_t|}{n}$$

Keterangan:

X_t : Data aktual pada periode ke- t
 F_t : Hasil peramalan pada periode ke- t
 n : Jumlah periode data
 MAD : Rata-rata penyimpangan absolut

Nilai *Mean Squared Error* (MSE) digunakan untuk menghitung rata-rata kuadrat kesalahan peramalan. Dalam penelitian ini, MSE juga digunakan sebagai dasar pemilihan nilai α terbaik karena kesalahan yang besar akan diberikan bobot lebih tinggi melalui proses penguadratan. Rumus MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}$$

Keterangan:

X_t : Data aktual pada periode ke- t
 F_t : Hasil peramalan pada periode ke- t
 n : Jumlah periode data
 MSE : Rata-rata kuadrat kesalahan

Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk mengetahui rata-rata persentase kesalahan absolut terhadap data aktual. Rumus MAPE adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

X_t : Data aktual pada periode ke- t
 F_t : Hasil peramalan pada periode ke- t
 n : Jumlah periode data
 t : Periode waktu pengamatan
 $MAPE$: Rata-rata persentase kesalahan absolut

Selain menggunakan MAD, MSE, dan MAPE, penelitian ini juga menggunakan *Tracking Signal* untuk mengetahui kestabilan hasil peramalan. *Tracking Signal* dihitung dengan membandingkan jumlah kumulatif kesalahan peramalan atau *Running Sum of Forecast Error* (RSFE) terhadap nilai MAD. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$TS_t = \frac{RSFE_t}{MAD}$$

$$RSFE_t = \sum e_i$$

$$e_i = Demand(X_i) - Forecast(F_i)$$

Keterangan:

TS_t : Nilai *Tracking Signal* pada periode ke- t
 $RSFE_t$: Jumlah kumulatif kesalahan peramalan sampai periode ke- t
 MAD : Rata-rata penyimpangan absolut
 e_i : Kesalahan peramalan pada periode ke- i

X_i : Data aktual pada periode ke- i
 F_i : Hasil peramalan pada periode ke- i
 t : Periode waktu pengamatan

Nilai *Tracking Signal* digunakan untuk melihat apakah hasil peramalan menunjukkan kecenderungan bias atau masih berada dalam batas kendali. Dalam penelitian ini, batas kendali yang digunakan adalah UCL sebesar +4 dan LCL sebesar -4. Apabila nilai *Tracking Signal* berada di antara batas tersebut, maka model peramalan dapat dinilai stabil dan layak digunakan sebagai dasar perencanaan produksi.

3. Hasil dan Pembahasan

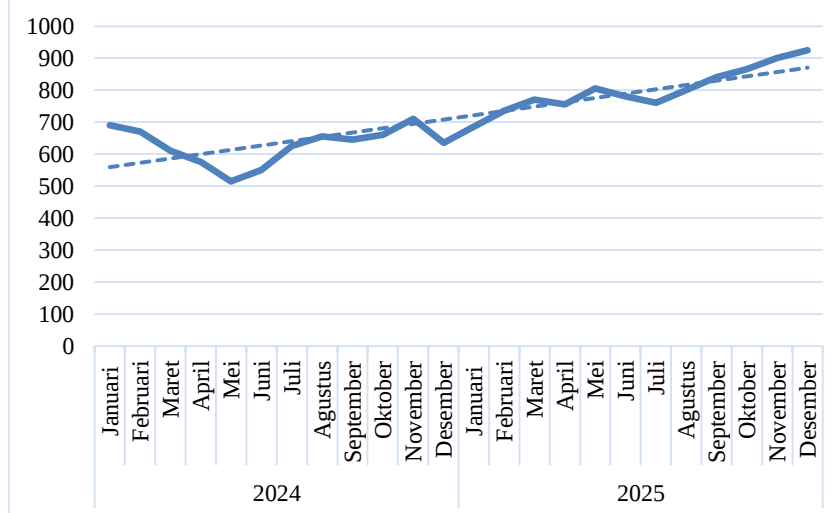
Peramalan permintaan *packaging* piano menjadi bagian penting dalam mendukung perencanaan produksi di PT Empat Perdana Carton. Hasil peramalan dapat digunakan sebagai dasar untuk memperkirakan jumlah kebutuhan produk pada periode mendatang, sehingga perusahaan dapat mempersiapkan kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku, serta mengurangi risiko ketidaksesuaian antara produksi dan permintaan aktual. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data historis permintaan *packaging* piano periode Januari 2024 hingga Desember 2025. Data historis tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Historis Permintaan *Packaging* Piano

Tahun	Bulan	Demand
2024	Januari	690
	Februari	670
	Maret	610
	April	575
	Mei	515
	Juni	550
	Juli	625
	Agustus	655
	September	645
	Oktober	660
	November	710
	Desember	635
2025	Januari	685
	Februari	735
	Maret	770
	April	755
	Mei	805
	Juni	780
	Juli	760
	Agustus	800
	September	840
	Oktober	865
	November	900
	Desember	925
Total		17160

Sumber: (Penulis, 2026)

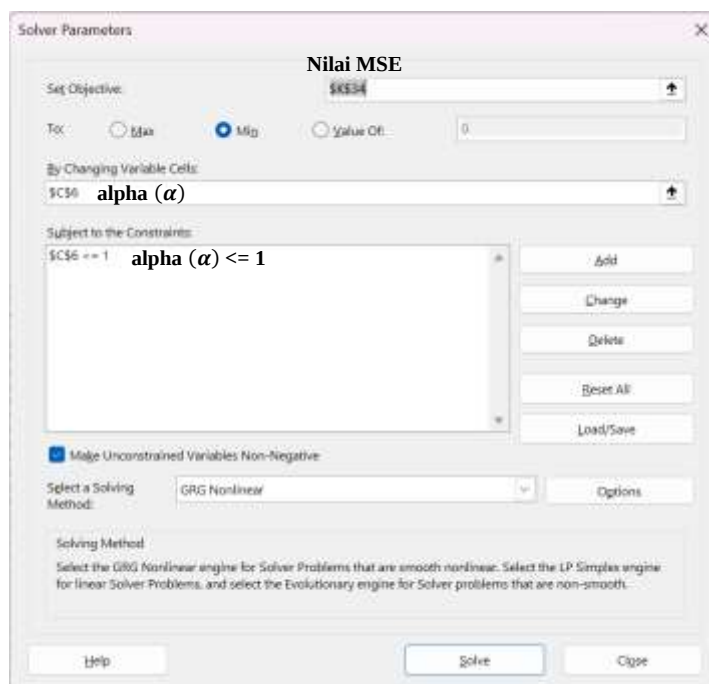
Berdasarkan **Tabel 1**, jumlah permintaan *packaging* piano selama periode Januari 2024 hingga Desember 2025 adalah 17.160 unit. Permintaan pada tahun 2024 menunjukkan pola yang berfluktuasi, dengan permintaan tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 710 unit dan permintaan terendah pada bulan Mei sebesar 515 unit. Sementara itu, pada tahun 2025 permintaan cenderung mengalami peningkatan, dengan permintaan tertinggi pada bulan Desember sebesar 925 unit. Pola tersebut menunjukkan bahwa data permintaan tidak bergerak secara tetap, tetapi memiliki kecenderungan meningkat pada periode akhir pengamatan. Berdasarkan data tersebut, pola historis permintaan dapat divisualisasikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Plot Data Historis Permintaan *Packaging* Piano
Sumber: (Penulis, 2026)

Berdasarkan **Gambar 1**, pola data historis permintaan *packaging* piano menunjukkan adanya fluktuasi dari satu bulan ke bulan berikutnya. Meskipun demikian, secara umum data menunjukkan kecenderungan meningkat, terutama pada tahun 2025. Kondisi ini menunjukkan bahwa metode peramalan yang digunakan perlu mampu menangkap unsur *trend* agar hasil peramalan dapat menggambarkan arah perubahan permintaan secara lebih tepat. Oleh karena itu, metode *Brown's Double Exponential Smoothing* digunakan karena sesuai untuk data deret waktu yang memiliki kecenderungan tren.

Dalam proses penentuan nilai parameter pemulusan α , penelitian ini menggunakan bantuan *Microsoft Excel Solver*. Proses optimasi dilakukan dengan menetapkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebagai fungsi tujuan yang harus diminimalkan. Nilai α digunakan sebagai variabel keputusan, sedangkan batasan yang digunakan adalah nilai α berada pada rentang 0 sampai 1. Melalui proses tersebut, diperoleh nilai parameter yang menghasilkan tingkat kesalahan peramalan paling rendah. Tampilan proses optimasi menggunakan *Solver* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Tampilan Optimasi Parameter Menggunakan Microsoft Excel Solver
Sumber: (Penulis, 2026)

Penyelesaian peramalan permintaan *packaging* piano dilakukan menggunakan metode *Brown's Double Exponential Smoothing*. Perhitungan dilakukan dengan menguji beberapa nilai α , mulai dari $\alpha =$

0,1 sampai $\alpha = 0,9$. Setiap nilai α menghasilkan tingkat kesalahan yang berbeda, sehingga pemilihan α terbaik dilakukan berdasarkan nilai MSE terkecil. Berdasarkan hasil pengujian dan optimasi, nilai α terbaik diperoleh pada $\alpha = 0,6$. Oleh karena itu, perhitungan yang ditampilkan dalam artikel ini difokuskan pada hasil perhitungan metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dengan nilai $\alpha = 0,6$ sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode *Brown's Double Exponential Smoothing* $\alpha = 0,6$

Periode (t)	Demand (x)	S't	S''t	S't - S''t	a	b	Ft	e	e ²
Jan-24	690	690	690						
Feb-24	670	678	683	-5	673	-7			
Mar-24	610	637	655	-18	619	-27	666	-56	3136
Apr-24	575	600	622	-22	578	-33	592	-17	276
May-24	515	549	578	-29	520	-44	544	-29	860
Jun-24	550	550	561	-11	538	-17	476	74	5506
Jul-24	625	595	581	14	608	20	521	104	10827
Aug-24	655	631	611	20	651	30	629	26	695
Sep-24	645	639	628	11	651	17	681	-36	1264
Oct-24	660	652	642	9	661	14	668	-8	59
Nov-24	710	687	669	18	704	27	675	35	1194
Dec-24	635	656	661	-5	650	-8	731	-96	9240
Jan-25	685	673	668	5	678	7	642	43	1812
Feb-25	735	710	694	17	727	25	686	49	2444
Mar-25	770	746	725	21	767	32	752	18	315
Apr-25	755	751	741	11	762	16	799	-44	1911
May-25	805	784	767	17	801	26	778	27	739
Jun-25	780	781	775	6	787	9	826	-46	2140
Jul-25	760	769	771	-3	766	-4	796	-36	1322
Aug-25	800	787	781	6	794	10	762	38	1468
Sep-25	840	819	804	15	834	23	804	36	1330
Oct-25	865	847	829	17	864	26	857	8	65
Nov-25	900	879	859	20	898	30	889	11	112
Dec-25	925	906	887	19	925	28	928	-3	8
Total	17.160	17.016	16.884	132	16.457	197	15.701	99	46.722
MSE									2124

Sumber: (Penulis, 2026)

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2, metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dengan nilai $\alpha = 0,6$ menghasilkan nilai MSE sebesar 2.124. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kesalahan paling kecil dibandingkan nilai α lainnya, sehingga $\alpha = 0,6$ digunakan sebagai parameter pemulusan terbaik dalam proses peramalan. Untuk memastikan bahwa nilai $\alpha = 0,6$ merupakan parameter terbaik, dilakukan rekapitulasi nilai MSE dari setiap nilai α yang diuji. Rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai MSE untuk Parameter $\alpha = 0,1$ sampai $\alpha = 0,9$

SUMMARY NILAI MSE METODE BROWN		
Alpha (α)	Nilai MSE	MSE Terkecil
0,1	6072	2124
0,2	3175	
0,3	2476	
0,4	2233	
0,5	2135	
0,6	2124	
0,7	2195	
0,8	2357	
0,9	2628	

Sumber: (Penulis, 2026)

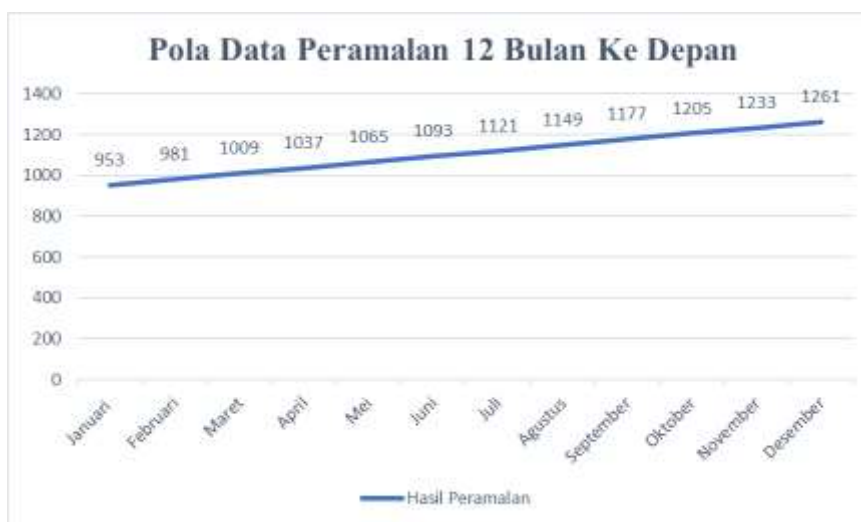
Berdasarkan **Tabel 3**, nilai MSE terkecil terdapat pada parameter $\alpha = 0,6$, yaitu sebesar 2.124. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $\alpha = 0,6$ mampu menghasilkan peramalan dengan kesalahan paling rendah dibandingkan parameter lainnya. Setelah nilai α terbaik diperoleh, perhitungan dilanjutkan untuk menentukan hasil peramalan permintaan *packaging* piano selama 12 bulan ke depan. Hasil peramalan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Peramalan Permintaan *Packaging* Piano Tahun 2026

FORECASTING PERMINTAAN			
Periode (t)	Forecasting (y')	Total Permintaan	Tahun
1	953	13284	2026
2	981		
3	1009		
4	1037		
5	1065		
6	1093		
7	1121		
8	1149		
9	1177		
10	1205		
11	1233		
12	1261		

Sumber: (Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 4**, hasil peramalan permintaan *packaging* piano tahun 2026 menunjukkan pola meningkat dari periode pertama hingga periode ke-12. Nilai ramalan pada periode pertama sebesar 953 unit, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai 1.261 unit pada periode ke-12. Total hasil peramalan selama satu tahun adalah 13.284 unit. Hasil ini menunjukkan bahwa kebutuhan *packaging* piano pada periode mendatang diperkirakan mengalami peningkatan, sehingga perusahaan perlu mempersiapkan rencana produksi secara lebih terarah agar mampu memenuhi kebutuhan pelanggan.



Gambar 3. Pola Data Peramalan 12 Bulan Ke Depan

Sumber: (Penulis, 2026)

Berdasarkan **Gambar 3**, hasil peramalan permintaan *packaging* piano selama 12 bulan ke depan menunjukkan pola kenaikan yang konsisten dari Januari hingga Desember 2026. Peningkatan tersebut menggambarkan adanya kecenderungan kebutuhan produk yang semakin bertambah pada periode mendatang. Pola ini sejalan dengan karakteristik data historis yang menunjukkan tren meningkat, terutama pada tahun 2025. Oleh karena itu, hasil peramalan ini dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam memperkirakan kebutuhan produksi bulanan, menyiapkan bahan baku, serta mengatur kapasitas produksi agar lebih sesuai dengan permintaan yang diperkirakan.

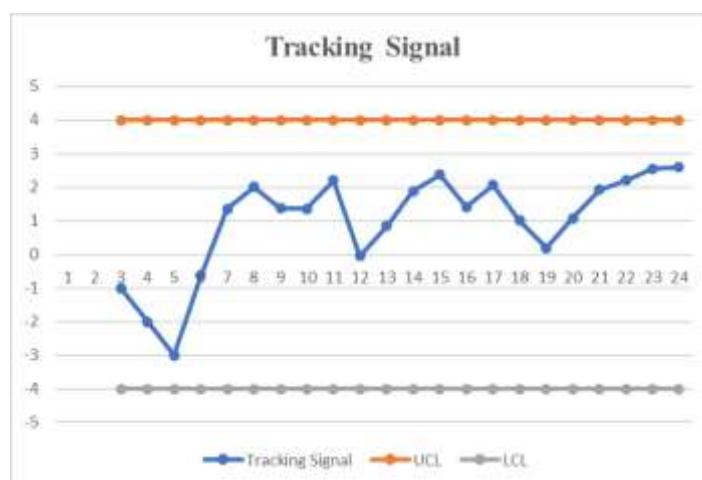
Setelah memperoleh hasil peramalan, dilakukan uji validasi menggunakan *Tracking Signal* untuk mengetahui apakah hasil peramalan masih berada dalam batas kendali atau menunjukkan kecenderungan bias. Nilai *Tracking Signal* dihitung berdasarkan perbandingan antara *Running Sum of Forecast Error* (RSFE) dan MAD. Hasil perhitungan *Tracking Signal* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Uji Validasi dengan *Tracking Signal*

Periode	Demand (x)	Forecast	Error	RSFE	Absolute Error	Cum. Absolute Error	MAD	Tracking Signal
1	690							
2	670							
3	610	666	-56	-56	56	56	56	-1,0
4	575	592	-17	-73	17	73	36	-2,0
5	515	544	-29	-102	29	102	34	-3,0
6	550	476	74	-28	74	176	44	-0,6
7	625	521	104	76	104	280	56	1,4
8	655	629	26	103	26	307	51	2,0
9	645	681	-36	67	36	342	49	1,4
10	660	668	-8	59	8	350	44	1,4
11	710	675	35	94	35	384	43	2,2
12	635	731	-96	-2	96	480	48	0,0
13	685	642	43	40	43	523	48	0,9
14	735	686	49	90	49	572	48	1,9
15	770	752	18	108	18	590	45	2,4
16	755	799	-44	64	44	634	45	1,4
17	805	778	27	91	27	661	44	2,1
18	780	826	-46	45	46	707	44	1,0
19	760	796	-36	9	36	744	44	0,2
20	800	762	38	47	38	782	43	1,1
21	840	804	36	83	36	818	43	1,9
22	865	857	8	91	8	827	41	2,2
23	900	889	11	102	11	837	40	2,6
24	925	928	-3	99	3	840	38	2,6
Total	17.160	15.701	99	99	840	840	38	2,6

Sumber: (Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 5**, nilai *Tracking Signal* berada pada rentang -3,0 sampai 2,6. Nilai tersebut masih berada di antara batas kendali atas (*Upper Control Limit/UCL*) sebesar +4 dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit/LCL*) sebesar -4. Dengan demikian, hasil peramalan dapat dikatakan stabil karena tidak melewati batas kendali yang telah ditentukan. Untuk memperjelas hasil uji validasi tersebut, grafik *Tracking Signal* ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik *Tracking Signal*

Sumber: (Penulis, 2026)

Berdasarkan **Gambar 4**, garis *Tracking Signal* tidak melewati batas kendali atas maupun batas kendali bawah. Hal ini menunjukkan bahwa hasil peramalan dengan metode *Brown's Double Exponential Smoothing* tidak memiliki kecenderungan bias yang berlebihan. Selain itu, nilai MAPE sebesar 6% menunjukkan bahwa hasil peramalan termasuk dalam kategori sangat baik. Dengan nilai MAD sebesar 38, MSE sebesar 2.124, MAPE sebesar 6%, serta *Tracking Signal* yang masih berada dalam batas kendali, metode *Brown's Double Exponential Smoothing* dinilai layak digunakan untuk meramalkan permintaan *packaging* piano pada PT Empat Perdana Carton. Hasil peramalan tersebut dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam menyusun perencanaan produksi, mengantisipasi kebutuhan bahan baku, dan mengurangi risiko kelebihan maupun kekurangan produk.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data historis permintaan *packaging* piano periode Januari 2024 hingga Desember 2025, diketahui bahwa pola permintaan bersifat fluktuatif tetapi menunjukkan kecenderungan

meningkat, terutama pada tahun 2025. Metode *Brown's Double Exponential Smoothing* sesuai digunakan karena mampu mengakomodasi pola data yang memiliki unsur tren. Hasil pengujian parameter menunjukkan bahwa nilai α terbaik adalah 0,6 karena menghasilkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) terkecil, yaitu sebesar 2.124. Selain itu, hasil evaluasi akurasi menunjukkan nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD) sebesar 38 dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 6%, sehingga hasil peramalan termasuk dalam kategori sangat baik.

Hasil peramalan permintaan *packaging* piano untuk tahun 2026 menunjukkan pola peningkatan dari 953 unit pada Januari menjadi 1.261 unit pada Desember, dengan total ramalan sebesar 13.284 unit. Nilai *Tracking Signal* berada dalam batas kendali UCL +4 dan LCL -4, sehingga model peramalan dinilai stabil dan tidak menunjukkan bias yang berlebihan. Dengan demikian, metode *Brown's Double Exponential Smoothing* layak digunakan sebagai alat bantu dalam memperkirakan permintaan *packaging* piano dan dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam menyusun perencanaan produksi, mempersiapkan kebutuhan bahan baku, serta mengurangi risiko kelebihan maupun kekurangan produk.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, perusahaan disarankan untuk menggunakan metode *Brown's Double Exponential Smoothing* sebagai salah satu alat bantu dalam merencanakan permintaan *packaging* piano pada periode mendatang, khususnya ketika data historis menunjukkan kecenderungan tren. Hasil peramalan dapat dijadikan dasar dalam menyusun rencana produksi, memperkirakan kebutuhan bahan baku, serta mengurangi risiko kelebihan maupun kekurangan produk. Selain itu, perusahaan perlu melakukan pencatatan data permintaan secara rutin, lengkap, dan terdokumentasi agar proses peramalan pada periode berikutnya dapat dilakukan dengan lebih akurat. Untuk penelitian selanjutnya, metode ini dapat dibandingkan dengan metode peramalan lain, seperti *Holt's Double Exponential Smoothing*, ARIMA, atau metode deret waktu lainnya, sehingga dapat diperoleh metode yang paling sesuai dengan karakteristik permintaan perusahaan.

6. Referensi

- [1] G. Simon, "Peramalan Pendaftar Mahasiswa Baru Dengan Menggunakan Metode Moving Average, Weighted Moving Average dan Exponential Smoothing," *JUTIN J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 13–21, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.36423.
- [2] B. N. Alfa, D. Novrisal, U. N. Solikhah, L. F. Az Zahra, and M. A. Setiadi, "Peramalan Permintaan Produk Cable Ladder pada Perusahaan Manufaktur Cable Support System and Electrical Switchboard menggunakan Metode Time Series Forecasting," *J. Manaj. dan Tek. Ind.*, vol. XXV, no. 2, pp. 121–130, 2025, doi: 10.30587/matrik.v25i2.8115.
- [3] A. A. Fahra, Harniati, and D. Sulistyowati, "Peramalan Permintaan dan Perencanaan Produksi Sayuran Daun di Inagreen Farm untuk Memenuhi Kebutuhan Ritel Modern," *J. Pemikir. Masy. Ilm. Berwawasan Agribisnis*, vol. 11, no. 1, pp. 461–477, 2025, doi: 10.25157/ma.v11i1.15706.
- [4] N. C. Sastya, R. Rochmoeljati, and I. Nugraha, "Optimalisasi Perencanaan Produksi Untuk Meminimalisasi Biaya Produksi Dengan Menggunakan Metode Sales And Operations Planning Di PT. XYZ," *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 19, no. 2, pp. 206–217, 2024.
- [5] W. Nurlela, A. I. Pratiwi, and H. T. Yulianti, "Analisis Metode Moving Average, Exponential Smoothing, dan Arima dalam Peramalan Permintaan untuk Pengendalian Stok Floor Rear," *J. Teknol. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 3, pp. 1066–1075, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i3.1134.
- [6] L. Mauditia, N. Imro'ah, and W. Andani, "Prediksi Jumlah Permintaan Darah UTD PMI Kota Pontianak Menggunakan ARIMA-Kalman Filter," *IJAS Indones. J. Appl. Stat.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–86, 2024, doi: 10.13057/ijas.v7i1.85958.
- [7] E. S. B. Saragih, F. M. Gumay, M. Fajriyanti, S. E. Siregar, and W. Agwil, "Perbandingan Arima dan Fuzzy Time Series Markov Chain Untuk Meramalkan Prediksi Hasil Panen Kopi (Studi Kasus Kabupaten Bengkulu Tengah Tahun 2012-2022)," *DJMA Diophantine J. Math. Its Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 118–125, 2024, doi: 10.33369/diophantine.v3i2.32049.
- [8] E. A. P. Afandi, A. R. Saputro, and A. C. Putra, "Perbandingan Peramalan Permintaan Berbasis Permintaan Pasar Pada Teh Solo Cabang Bangkalan," *J. Manaj. dan Bisnis*, vol. 5, no. 2, pp. 101–109, 2025.
- [9] D. R. Kania, S. P. Lestari, and B. Barlian, "Penerapan Metode Peramalan Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Menyusun Perencanaan Produksi (Survei pada UMKM Pembuatan Bordir dan Pakaian, Nining Collection di Ciamis)," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 10, pp. 3609–

- 3622, 2022.
- [10] M. H. Tinambunan and S. Wahyuni, “Analisis Metode Holt-Winters Exponential Smoothing Dalam Prediksi Ekspor Komoditas Utama 3 Dijit SITC,” vol. 18, no. 1, pp. 59–77, 2024.
 - [11] D. A. Setiawan and R. A. Putri, “Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Untuk Peramalan Permintaan Beras,” *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 755–765, 2025, doi: 10.51454/decode.v5i2.1241.
 - [12] K. R. Sari, I. M. Sugiarta, and I. W. P. Astawa, “Peramalan Jumlah Penerbitan Sertifikat Tanah Pada Kantor Pertanahan Kabupaten Buleleng Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Brown,” *J. Mat. Sains, dan Pembelajarannya*, vol. 18, no. 2, pp. 51–67, 2024, doi: 10.23887/wms.v18i2.65475.
 - [13] S. Z. D. Febrianti, B. Harijanto, and P. Y. Saputra, “Sistem Prediksi Jumlah Pengunjung Wisata Pantai Menggunakan Metode Double Exponential,” *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 11, no. 2, pp. 162–174, 2025, doi: 10.31884/jtt.v11i2.692.
 - [14] Hukmah, M. R. Nisardi, Sulma, M. Suriani, and Yusrini, “Peramalan Produksi Telur Ayam Dengan Metode Holt Double Exponential Smoothing,” *Prox. J. Penelit. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 6, no. 2, pp. 180–186, 2023, doi: 10.30605/proximal.v6i2.2789.
 - [15] Tajrin, Y. Kuswoyo, and R. A. Ginting, “Implementasi Metode Forecasting Dengan Menggunakan Algoritma Time Series Dalam Memprediksi Permintaan Cetak CV. Grand Grafika,” *Djtechno J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 184–194, 2024, doi: 10.46576/djtechno.
 - [16] Z. Ngabidin, A. Sanwidi, and E. R. Arini, “Implementasi Metode Double Exponential Smoothing Brown Untuk Meramalkan Jumlah Penduduk Miskin,” *EULER J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 328–338, 2023, doi: 10.37905/euler.v11i2.23054.
 - [17] Lina, A. N. Rahman, and Isnurani, “Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown Untuk Prediksi Pendapatan Minimarket,” *Lebesgue J. Ilm. Pendidik. Mat. Mat. dan Stat.*, vol. 5, no. 1, pp. 429–440, 2024, doi: 10.46306/lb.v5i1.
 - [18] T. Syarmilati and N. A. K. Rifai, “Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Brown Untuk Peramalan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kabupaten Belitung Tahun 2023-2027,” *J. Appl. Islam. Econ. Financ.*, vol. 5, no. 1, pp. 125–133, 2024, doi: 10.35313/jaief.v5i1.6286.
 - [19] A. K. Pasyah, I. Nurisusilawati, and F. Romadlon, “Analisis Perbandingan Metode Peramalan Pada Produksi Air di PDAM XYZ,” *TEKINFO J. Ilm. Tek. Ind. dan Inf.*, vol. 13, no. 2, pp. 109–121, 2025, doi: 10.31001/tekinfo.v13i2.2306.
 - [20] G. F. Burhan and W. B. Nuswantoro, “Eksplorasi Model Exponential Smoothing State Space (ETS) dan Moving Average Untuk Memprediksi Ekspor Kulit Mentah Indonesia : Studi Data Comtrade,” *JIETech (Journal Ind. Eng. Technol.)*, vol. 1, no. 2, pp. 93–98, 2025, doi: 10.36277/jietech.v1i2.44.