

## Prediksi Tonase Penjualan Pt. Immanuel Periode 2015-2024 Dengan Metode *Triple Exponential Smoothing*

Victoricky Kurnia Setyo<sup>1</sup>, M. Zakki Abdillah<sup>\*2</sup>

<sup>1,2</sup>Sistem Informasi, Sains & Teknologi, Universitas Nasional Karangturi Semarang  
Email: <sup>1</sup>[victorickykurniasetyo@gmail.com](mailto:victorickykurniasetyo@gmail.com), <sup>2</sup>[m.zakki.abdillah@gmail.com](mailto:m.zakki.abdillah@gmail.com)

### Abstrak

*Forecasting* atau peramalan adalah suatu tindakan yang akan menggambarkan suatu kebutuhan pada masa yang akan datang. Kegiatan *forecasting* ini sangat dibutuhkan dalam kegiatan perusahaan untuk mengestimasi keadaan di masa yang akan datang, terutama dalam data penjualan suatu perusahaan pasti dibutuhkan suatu peramalan akan hasil di masa yang akan datang. Penelitian ini mengusulkan model peramalan untuk memperkirakan perubahan jumlah tonase penjualan di PT. Immanuel. Penelitian ini dilakukan karena sulitnya melakukan peramalan penjualan hanya dengan menggunakan metode tradisional. Penelitian ini menggunakan metode Triple Exponential Smoothing untuk memprediksi tonase penjualan PT. Immanuel selama 2015-2024. Model ini mencapai akurasi MAPE sebesar 11,55%, menunjukkan performa baik untuk mengelola variabilitas data musiman dan tren jangka panjang. Hasil ini mendukung pengambilan keputusan strategis, seperti optimalisasi inventori dan produksi.

**Kata kunci:** *Forecasting, Penjualan, Triple Exponential Smoothing*

## *Sales Forecasting For Pt. Immanuel Using Triple Exponential Smoothing*

### Abstract

*Forecasting is an action that predicts future needs. This forecasting activity is crucial for businesses to estimate future conditions, especially in sales data, where forecasting future outcomes is essential. This study proposes a forecasting model to predict changes in sales tonnage at PT. Immanuel. The research was conducted due to the difficulty of making sales forecasts using only traditional methods. The study uses the Triple Exponential Smoothing method to predict the sales tonnage of PT. Immanuel from 2015 to 2024. The model achieved a MAPE accuracy of 11.55%, demonstrating good performance in managing seasonal data variability and long-term trends. These results support strategic decision-making, such as inventory and production optimization.*

**Keywords:** *Forecasting, Sales, Triple Exponential Smoothing*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem informasi memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan dan mengelola proses bisnis agar dapat berjalan dengan lebih efisien dan efektif. Sistem informasi mengumpulkan data dari berbagai sumber dan mengintegrasikannya ke dalam satu tempat penyimpanan data. Data yang telah dikumpulkan diolah dan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang berguna [1].

*Data mining* merupakan suatu alat yang memungkinkan para pengguna untuk mengakses secara cepat data dengan jumlah yang besar. Pengertian yang lebih khusus dari data mining, yaitu suatu aplikasi menggunakan analisis statistik pada data [2].

*Data mining* menjadi suatu istilah yang digunakan untuk menemukan pengetahuan tersembunyi di dalam database [3]. Berdasarkan Pengertian *Data Mining* menurut para ahli yang disebutkan maka dapat disimpulkan bahwa *Data Mining* adalah suatu proses pencarian data secara otomatis dapat mendapatkan sebuah model dari database yang besar [4].

Sistem pendukung keputusan (SPK) merupakan sebuah rangkaian proses serta mekanisme untuk memperoleh dan mengolah data selanjutnya dilakukan pengujian dan dijadikan petunjuk yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi persoalan-persoalan sebagai dasar menjelaskan proses pengambilan keputusan [5].

Sistem Pendukung Keputusan merupakan sebuah sistem informasi yang mempunyai basis komputerisasi, sistem tersebut merupakan sebuah bagian dari sistem manajemen pengetahuan serta berperan dalam mendukung aktivitas pengambilan keputusan pada sebuah perusahaan atau organisasi, dengan menggunakan sistem tersebut

perusahaan ataupun instansi mampu mengambil keputusan yang lebih akurat, efektif, serta pengambilan sebuah keputusan bisnis lebih optimal [6].

*Forecasting* atau yang biasa disebut peramalan merupakan hal penting dalam suatu perusahaan untuk mengembangkan bisnisnya. *Forecasting* adalah salah satu metode untuk melakukan perencanaan dan pengendalian produksi untuk menghadapi ketidakpastian di masa depan. Lebih khusus untuk memprediksi permintaan produk di waktu mendatang [7].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Peramalan *Exponential Smoothing* merupakan salah satu metode dalam *time series* yang menggunakan pembobotan data masa lalu secara *exponential*. Metode *Exponential Smoothing* terbagi atas tiga yaitu *Single Exponential Smoothing* yang digunakan untuk pemulusan data yang stasioner, tidak memiliki trend dan variasi musiman sehingga hanya menggunakan satu parameter yaitu  $\alpha$ , *Double Exponential Smoothing* yang digunakan dalam pemulusan data yang memuat trend namun tidak memiliki variasi musiman, memiliki dua parameter pemulusan yaitu  $\alpha$  dan  $\beta$ , dan *Triple Exponential Smoothing* merupakan pemulusan *exponential smoothing* yang bertujuan untuk melakukan pemulusan pada data yang memuat trend, dan variasi musiman dengan menggunakan tiga parameter pemulusan yakni  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ [8].

Metode *forecasting Triple Exponential Smoothing* adalah metode peramalan yang umum digunakan karena memiliki konsep dan perhitungan yang sederhana. Pada penelitian sebelumnya tentang *forecasting* penjualan sembako yang memiliki hasil yaitu berupa model prediksi yang dapat membantu bagian penyedia stok produk sehingga dalam merencanakan penyediaan stok produk menjadi lebih efisien dan tepat waktu. Model prediksi ini kemungkinan menggunakan data historis tentang permintaan, persediaan, faktor-faktor musiman, tren pasar, dan variabel lainnya untuk menghasilkan perkiraan yang lebih akurat tentang kebutuhan stok di masa depan. Dengan demikian, perusahaan dapat mengantisipasi permintaan dan mengatur penyediaan stok dengan lebih baik serta meningkatkan kepuasan dari pelanggan toko tersebut [9]. *Triple Exponential Smoothing* juga merupakan algoritma yang sering diimplementasikan karena algoritma ini menghasilkan nilai *error* yang kecil, sehingga menghasilkan nilai prediksi yang akurat dalam peramalan beberapa periode kedepan dibandingkan menggunakan algoritma *Single Exponential Smoothing* maupun *Double Exponential Smoothing*[10].

Alasan tersebut juga dibuktikan melalui penelitian sebelumnya mengenai peramalan produksi buah nenas yang ada di Riau yang menggunakan metode *Triple Exponential Smoothing* yang terbukti memiliki kesalahan peramalan kecil dikarenakan memiliki 3 parameter pemulusan data [11]. Strategi penjualan sangat penting dalam operasional suatu usaha untuk mencapai keuntungan maksimal, maka diperlukan suatu metode penjualan yang memanfaatkan prediksi penjualan masa depan [12]. *Forecasting*/Peramalan adalah proses untuk memperkirakan beberapa kebutuhan dimasa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang ataupun jasa [13]. Maka dari itu perusahaan harus merencanakan dalam mengatasi naik turunnya penjualan, agar tidak terjadi sesuatu yang tidak diinginkan seperti kurangnya pendapatan [14].

## 3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah tonase penjualan perusahaan selama 10 tahun terakhir, yang diperoleh dari kepala divisi bagian penjualan dan disetujui oleh direktur utama. Metode yang digunakan adalah *Triple Exponential Smoothing*. Penelitian ini akan melalui beberapa tahapan yaitu tahap pengumpulan data, lalu akan dilakukan *pre-processing data*, setelah itu menentukan model konsep, dan diakhiri dengan tahap tes akurasi serta komparisasi data, dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. **Data collection** adalah proses mengumpulkan data tonase penjualan selama sepuluh tahun terakhir dari perusahaan tersebut.
- b. **Pre-processing Data** adalah proses pemilahan data untuk menghilangkan *missing value*, lalu struktur kolom data *sheet* akan diubah seperlunya dan diubah menjadi tipe data numerik, setelah itu data akan diuji kembali untuk menjamin tidak ada penambahan maupun pengurangan data.
- c. **Models concept** adalah model yang diusulkan yang mana dalam penelitian ini menggunakan model *Triple Exponential Smoothing*.
- d. **Test accuracy** adalah tahap yang dilakukan untuk memastikan performa akurasi dari model yang telah ditentukan.
- e. **Comparison** adalah proses perbandingan data.

### 3.1. Triple Exponential Smoothing

Dalam metode *Triple Exponential Smoothing* yang juga dikenal sebagai *Holt-Winters Smoothing*, terdapat tiga parameter utama yang digunakan untuk mengatasi komponen level, tren, dan musiman dari data deret waktu. Berikut adalah penjelasan mengenai rumus alfa, beta, gamma, dan RMSE (*Root Mean Square Error*).

#### 1. Komponen Model

- **Level ( $\alpha$ )** : Menggambarkan nilai rata-rata dari data saat ini
- **Tren ( $\beta$ )** : Menggambarkan perubahan tingkat data dari waktu ke waktu.
- **Musiman ( $\gamma$ )** : Menggambarkan pola musiman yang berulang dalam data.

#### 2. Parameter

- **Alpha ( $\alpha$ )**: Koefisien *smoothing* untuk level. Nilainya berkisar antara 0 dan 1. Semakin dekat nilai  $\alpha$  ke 1, semakin banyak bobot yang diberikan pada data terbaru.

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

- **Beta ( $\beta$ )**: Koefisien *smoothing* untuk tren. Juga berkisar antara 0 dan 1. Mengontrol seberapa cepat model merespons perubahan tren.

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

- **Gamma ( $\gamma$ )**: Koefisien *smoothing* untuk musiman. Diterapkan pada komponen musiman.

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (3)$$

#### 3. Rumus Prediksi

Rumus untuk memprediksi nilai masa depan menggunakan metode *Holt-Winters* adalah sebagai berikut :

$$F_{t+k} = (L_t + k * T_t) * S_{t-m+k} \quad (4)$$

#### 4. RMSE (ROOT MEAN SQUARE ERROR)

RMSE digunakan untuk mengukur seberapa baik model memprediksi nilai actual sebagai berikut :

$$RMSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (5)$$

- $Y_i$  adalah nilai aktual.
- $\hat{Y}_i$  adalah nilai prediksi oleh model.
- $n$  adalah jumlah total observasi.

Metode Triple Exponential Smoothing yang melibatkan parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  sangat berguna untuk memodelkan data deret waktu dengan komponen level, tren, dan musiman. RMSE membantu dalam mengevaluasi akurasi model yang dibangun.

### 3.2. Proses Pemilihan Parameter (Alpha, Beta, Gamma)

Dalam konteks peramalan atau forecasting, parameter seperti **alpha ( $\alpha$ )**, **beta ( $\beta$ )**, dan **gamma ( $\gamma$ )** sering digunakan dalam metode peramalan berbasis Exponential Smoothing, seperti *Holt-Winters Exponential Smoothing*. Berikut adalah penjelasan tentang parameter tersebut:

- **Alpha ( $\alpha$ )**: Parameter smoothing level yang digunakan untuk menyesuaikan seberapa besar bobot diberikan pada data terbaru. Nilai alpha berkisar antara 0 dan 1, di mana nilai yang lebih tinggi memberi bobot lebih pada data terbaru.
- **Beta ( $\beta$ )**: Parameter smoothing tren, digunakan untuk menangani komponen tren dalam data. Nilai  $\beta$  juga berkisar antara 0 dan 1.
- **Gamma ( $\gamma$ )**: Parameter smoothing musiman, digunakan untuk menangani fluktuasi musiman dalam data. Nilai  $\gamma$  juga berkisar antara 0 dan 1.

### 3.3. Optimasi Parameter Manual dan Otomatis

- **Manual**: Pada metode manual, parameter-parameter ini sering ditentukan berdasarkan eksperimen atau pengetahuan domain yang baik. Pengguna mencoba beberapa nilai parameter dan memilih yang menghasilkan hasil terbaik berdasarkan evaluasi model.

- **Otomatis:** Untuk optimasi otomatis, teknik seperti *Grid Search* atau *Random Search* dapat digunakan untuk mencoba berbagai kombinasi parameter dan memilih yang menghasilkan performa terbaik berdasarkan metrik evaluasi (seperti RMSE atau MAPE)..

### 3.4. Metode Evaluasi: RMSE dan MAPE

- RMSE mengukur rata-rata kesalahan antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual.  
**Tolok Ukur "Baik":** Semakin kecil nilai RMSE, semakin baik model tersebut.  
RMSE memberikan bobot yang lebih besar pada kesalahan yang lebih besar (*outliers*).  
Nilai yang baik tergantung pada skala data dan konteks aplikasi.
- MAPE mengukur kesalahan dalam bentuk persentase relatif terhadap nilai aktual.  
**Tolok Ukur "Baik":** MAPE diinterpretasikan sebagai persentase kesalahan.  
Secara umum,  $MAPE < 10\%$  dianggap sangat baik, antara  $10\%$  hingga  $20\%$  baik, dan lebih dari  $20\%$  dianggap tidak memadai.

### 3.5. Perangkat Lunak atau Library yang Digunakan untuk Analisis

Beberapa perangkat lunak dan library yang dapat digunakan untuk analisis data dan pemodelan adalah:

#### Python Libraries:

- **Pandas:** Untuk manipulasi data dan analisis statistik.
- **NumPy:** Untuk operasi numerik dan aljabar linier.
- **scikit-learn:** Untuk *machine learning*, termasuk optimasi parameter seperti *Grid Search* dan *Random Search*.
- **Statsmodels:** Untuk model peramalan berbasis statistik, seperti ARIMA dan *Exponential Smoothing*.
- **TensorFlow/Keras:** Untuk model berbasis *deep learning* jika diperlukan.
- **Prophet:** *Library* dari Facebook untuk peramalan dengan data musiman.
- **matplotlib/Seaborn:** Untuk visualisasi data dan hasil model.

#### R Libraries:

- **forecast:** Untuk peramalan berbasis *Exponential Smoothing* dan ARIMA.
- **caret:** Untuk *machine learning* dan pemilihan model otomatis.
- **tseries:** Untuk analisis data deret waktu dan peramalan.

#### Alat lainnya:

- **MATLAB:** Dapat digunakan untuk peramalan deret waktu dan optimasi parameter.
- **Excel:** Meski terbatas, Excel juga dapat digunakan untuk analisis data dasar dan peramalan sederhana. Dalam penelitian prediksi tonase penjualan PT. Immanuel periode tahun 2015 - 2024 ini alat yang digunakan adalah Microsoft Excel.

Keunggulan dari metode TES adalah kemampuannya untuk mengatasi data yang memiliki pola musiman dan tren yang tidak tetap (*non-stationary*). Selain itu, TES juga relatif mudah untuk diterapkan dan tidak memerlukan banyak data historis untuk menghasilkan peramalan yang akurat.

Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, TES juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti:

- Memerlukan pemilihan parameter *smoothing* ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) yang tepat untuk menghasilkan peramalan yang optimal.
- Cenderung kurang efektif jika data sangat tidak teratur atau memiliki pola yang sangat berubah-ubah (*high volatility*).
- Jika data mengandung fluktuasi acak yang sangat besar atau tidak ada pola musiman atau tren yang jelas, model ini mungkin tidak memberikan hasil yang baik. *Triple Exponential Smoothing* cenderung lebih efektif ketika ada pola yang jelas, dan akan kesulitan jika data terlalu bising atau tidak teratur.
- Jika terdapat kejadian luar biasa atau perubahan mendalam dalam data (seperti krisis ekonomi, pandemi, atau perubahan drastis lainnya), *Triple Exponential Smoothing* mungkin tidak dapat menangkap dinamika tersebut dengan baik. Model ini cenderung lebih efektif untuk data yang menunjukkan pola yang stabil atau dapat diprediksi.
- Jika terdapat banyak kesalahan pengukuran atau kesalahan lain dalam data historis, hasil peramalan dari *Triple Exponential Smoothing* bisa terdistorsi, karena model ini cenderung sangat bergantung pada data masa lalu untuk membentuk peramalan.
- Metode ini tidak dapat mengintegrasikan faktor eksternal seperti variabel ekonomi, cuaca, atau faktor eksternal lainnya yang mungkin mempengaruhi data. Jika informasi eksternal penting untuk prediksi,

model ini mungkin tidak cukup untuk memberikan hasil yang akurat, karena hanya mengandalkan pola historis data.

Secara keseluruhan, *Triple Exponential Smoothing* adalah metode yang sangat berguna dalam peramalan data deret waktu dengan komponen musiman dan tren, asalkan parameter yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik data yang dianalisis.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Data Collection

Data yang dikumpulkan adalah data tonase penjualan PT. Immanuel dari bulan Januari 2015 sampai dengan bulan September 2024. Data tersebut ada dalam **Tabel.1** yang dijabarkan seperti dibawah ini :

**Tabel.1.** Data Tonase Penjualan PT. Immanuel

Bulan	2015 (Kg)	2016 (Kg)	2017 (Kg)	2018 (Kg)	2019 (Kg)	2020 (Kg)	2021 (Kg)	2022 (Kg)	2023 (Kg)	2024 (Kg)
Januari	177.117	146.910	158.698	153.630	106.125	112.808	97.855	64.137	61.239	61.125
Februari	160.653	129.898	162.414	121.314	89.291	98.237	92.547	49.185	45.904	42.909
Maret	173.629	172.558	171.441	131.114	100.362	108.403	95.242	80.706	74.080	44.395
April	222.801	157.547	160.486	117.519	107.738	111.922	89.886	77.513	47.736	19.946
Mei	189.246	157.655	153.650	115.893	99.912	93.557	54.367	57.251	48.776	60.373
Juni	182.422	142.798	123.019	56.038	58.112	80.477	126.821	76.426	62.794	45.805
Juli	125.966	118.674	117.302	136.127	126.770	145.532	124.882	77.595	51.828	60.599
Agustus	206.337	186.594	182.920	129.947	121.917	142.863	124.139	78.061	71.841	52.238
September	244.040	164.972	161.793	108.404	129.773	133.344	110.585	74.073	66.926	51.301
Oktober	219.043	181.726	170.392	120.178	107.370	146.207	89.392	73.333	48.724	-
November	208.044	171.152	149.547	103.958	99.757	126.998	85.434	60.498	55.171	-
Desember	174.230	158.246	132.849	94.648	95.179	93.149	78.913	52.681	58.437	-
<b>Total</b>	<b>2.283.529</b>	<b>1.888.731</b>	<b>1.844.510</b>	<b>1.388.771</b>	<b>1.242.306</b>	<b>1.393.497</b>	<b>1.170.063</b>	<b>821.459</b>	<b>693.455</b>	<b>438.691</b>

Data tonase di bulan Oktober 2024 sampai dengan Desember 2024 masih dikosongkan karena pengumpulan data tonase tersebut dilakukan pada pertengahan bulan Oktober 2024 dan data yang dikosongkan tersebut akan menjadi percobaan tahap *forecasting* sampai pada Tahun 2025.

##### 4.2. Pre-Processing Data

Data yang sudah dikumpulkan lalu di proses menjadi sebuah tabel hitung, angka dari data tersebut dibuat menjadi perhitungan per kuartal (3 bulan) sehingga dijumlahkan menjadi seperti contoh **Tabel 2** dibawah ini:

**Tabel.2.** Data Tonase Penjualan PT. Immanuel per Kuartal

Tahun	Kuartal	Waktu	Jumlah Tonase (Kg)
2015	1	1	511.400
	2	2	594.469
	3	3	576.343
	4	4	601.317
2016	1	5	449.366
	2	6	458.000
	3	7	470.240
	4	8	511.125
2017	1	9	492.552
	2	10	437.155
	3	11	462.015
	4	12	452.788
2018	1	13	406.059
	2	14	289.450
	3	15	374.478
	4	16	318.785
2019	1	17	295.778
	2	18	265.762
	3	19	378.460
	4	20	302.306
2020	1	21	319.448

	2	22	285.957
	3	23	421.738
	4	24	366.354
2021	1	25	285.644
	2	26	271.074
	3	27	359.607
	4	28	253.738
2022	1	29	194.028
	2	30	211.190
	3	31	229.729
	4	32	186.512
2023	1	33	181.223
	2	34	159.305
	3	35	190.595
	4	36	162.332
2024	1	37	148.429
	2	38	126.124
	3	39	164.138
	4	40	-
2025	1	41	-
	2	42	-
	3	43	-
	4	44	-

#### 4.3. Models Concept

Langkah-langkah untuk menentukan *models concept* adalah :

- Menentukan nilai Alpha, Beta, dan Gamma : Alpha = 0.2, Beta = 0.2, dan Gamma = 0.5.
- Menentukan nilai rata-rata dari Musiman yang belum diketahui menggunakan rumus:

$$S1 = Y1/average(Y1, Y2, Y3, Y4) ;$$

$$S2 = Y2/average(Y1, Y2, Y3, Y4) ; \quad (6)$$

$$S3 = Y3/average(Y1, Y2, Y3, Y4) ;$$

$$S4 = Y4/average(Y1, Y2, Y3, Y4) ;$$

#### Nilai Musiman Kuartal 1 ÷ Nilai Musiman Kuartal 1 sampai dengan 4

- Menentukan nilai Musiman setelahnya menggunakan rumus:

$$St = \gamma(Yt - Lt) + (1 - \gamma)St - m \quad (7)$$

#### Gamma \* Jumlah Tonase ÷ Level + ( 1 - Gamma ) \* Musiman Kuartal 1 dari Tahun sebelumnya

- Menentukan nilai Level awal yang belum diketahui menggunakan rumus:

$$L5 = Y5/S1 \quad (8)$$

#### Jumlah Tonase ÷ Musiman Kuartal 1 dari Tahun sebelumnya

- Menentukan nilai Level setelahnya menggunakan rumus:

$$Lt = \alpha Yt + (1 - \alpha)(Lt - 1 + Tt - 1) \quad (9)$$

#### Alpha \* Jumlah Tonase ÷ Musiman Kuartal 2 dari Tahun sebelumnya + ( 1 - Alpha ) \* ( Level Kuartal sebelumnya + Tren Kuartal sebelumnya )

- Menentukan nilai Tren awal yang belum diketahui menggunakan rumus:

$$T5 = Y5/S1; - Y4/S4; \quad (10)$$

**Level- Jumlah Tonase Kuartal sebelumnya ÷ Musiman Kuartal sebelumnya**

- Menentukan nilai Tren setelahnya menggunakan rumus:

$$Tt = \beta(Lt - Lt - 1) + (1 - \beta)Tt - 1 \quad (11)$$

**Beta \* ( Level Kuartal 2 - Level Kuartal 1 ) + ( 1 - Beta ) \* Tren Kuartal 1**

- Menentukan nilai Forecast dengan menggunakan rumus:

$$Ft + k = (Lt + k * Tt) * St - m + k \quad (12)$$

**(Level+k \*Tren )\* Musiman Kuartal 2 dari Tahun sebelumnya**

k adalah langkah kedepan untuk melakukan forecast.

- Menentukan nilai Error dengan menggunakan rumus : **Jumlah Tonase-Forecast**
- Menentukan nilai RMSE dengan menggunakan rumus Excel:  
=SQRT(SUMSQ(baris keseluruhan Error)/COUNT(baris keseluruhan Error ))  
Lalu menggunakan menu solver.

Dari perhitungan diatas maka akan menghasilkan data keseluruhan seperti Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Forecasting

Alpha		0,6		Forecasting Tonase Penjualan PT. Immanuel						
Beta		0,3								
Gamma		1,0								
RMSE		49.292,69								
Tahun	Kuartal	Waktu	Jumlah Tonase (Kg)	Level	Tren	Musiman	Forecast	Error		
2015	1	1	511.400			0.90				
	2	2	594.469			1.04				
	3	3	576.343			1.01				
	4	4	601.317			1.05				
2016	1	5	449.366	501.632,76	-69.249,47	0.90				
	2	6	458.000	436.989,73	-67.850,66	1.05	450.247,80	7.752,38		
	3	7	470.240	428.938,04	-49.691,90	1.10	372.670,12	97.569,94		
	4	8	511.125	444.838,74	-29.773,83	1.15	399.464,48	111.660,50		
2017	1	9	492.552	498.457,92	-4.450,43	0.99	371.817,66	120.734,48		
	2	10	437.155	446.421,79	-18.900,46	0.98	517.759,36	-80.604,37		
	3	11	462.015	423.755,81	-20.043,91	1.09	468.686,94	-6.671,72		
	4	12	452.788	397.744,29	-21.856,06	1.14	463.869,75	-11.081,86		
2018	1	13	406.059	397.568,57	-15.272,53	1.02	371.434,68	34.624,01		
	2	14	289.450	328.644,25	-31.564,62	0.88	374.360,35	-84.910,60		
	3	15	374.478	325.781,92	-22.848,78	1.15	323.901,90	50.576,03		
	4	16	318.785	288.762,68	-27.151,83	1.10	344.855,87	-26.071,27		
2019	1	17	295.778	278.925,26	-21.894,08	1.06	267.197,58	28.580,65		
	2	18	265.762	284.699,99	-13.492,07	0.93	226.377,34	39.384,51		
	3	19	378.460	307.118,78	-2.587,26	1.23	311.746,53	66.713,35		
	4	20	302.306	285.538,76	-8.354,67	1.06	336.192,89	-33.886,93		
2020	1	21	319.448	292.072,41	-3.833,63	1.09	293.931,86	25.515,95		
	2	22	285.957	299.435,30	-433,66	0.95	269.065,23	16.891,80		
	3	23	421.738	325.754,33	7.690,16	1.29	368.457,20	53.280,54		
	4	24	366.354	341.234,69	10.055,76	1.07	353.024,78	13.329,63		
2021	1	25	285.644	295.525,82	-6.877,92	0.97	384.216,24	-98.572,53		
	2	26	271.074	285.679,83	-7.779,21	0.95	275.655,19	-4.580,98		
	3	27	359.607	277.815,83	-7.804,96	1.29	359.783,94	-177,40		
	4	28	253.738	249.177,43	-14.131,31	1.02	289.887,51	-36.149,05		
2022	1	29	194.028	213.819,88	-20.576,95	0.91	227.186,40	-33.158,14		
	2	30	211.190	211.388,12	-15.066,92	1.00	183.363,22	27.826,46		
	3	31	229.729	184.662,06	-18.607,37	1.24	254.119,39	-24.390,75		
	4	32	186.512	176.638,43	-15.393,48	1.06	169.094,20	17.418,24		
2023	1	33	181.223	185.044,01	-8.166,58	0.98	146.319,78	34.903,13		
	2	34	159.305	166.097,47	-11.440,06	0.96	176.711,38	-17.405,92		
	3	35	190.595	153.758,86	-11.712,91	1.24	192.401,40	-1.806,63		
	4	36	162.332	149.280,25	-9.516,12	1.09	149.986,26	12.345,45		
2024	1	37	148.429	147.061,95	-7.300,04	1.01	136.878,05	11.550,99		
	2	38	126.124	134.650,67	-8.852,13	0.94	134.046,82	-7.922,86		
	3	39	164.138	129.892,49	-7.608,95	1.26	155.936,01	8.201,65	k =	
	4	40					132.974,70		1	
2025	1	41					115.740,60		2	
	2	42					100.285,73		3	
	3	43					125.677,68		4	
	4	44					99.877,91		5	

**4.4. Test Accuracy**

Untuk memeriksa hasil prediksi akan digunakan model MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Pengertian MAPE adalah pengukuran statistik tentang akurasi perkiraan / prediksi pada metode peramalan. Metode MAPE memberikan informasi seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Semakin kecil nilai presentasi kesalahan (*percentage error*) pada MAPE maka semakin akurat hasil peramalan tersebut. Agar terhindar dari berbagai problematik dalam mengartikan ukuran akurasi relatif terhadap besarnya nilai prediksi maka digunakan metode MAPE, seperti ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini [15].

Tabel.4. Persentase MAPE

Range MAPE	Arti Nilai
< 10 %	Kemampuan model peramalan sangat baik
10 – 20 %	Kemampuan model peramalan baik
20 – 50 %	Kemampuan model peramalan layak
> 50 %	Kemampuan model peramalan buruk

Rumus MAPE adalah:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left( \frac{At-Ft}{At} \right) 100}{n} \tag{13}$$

Perhitungan MAPE ada pada Tabel 5 dibawah ini:

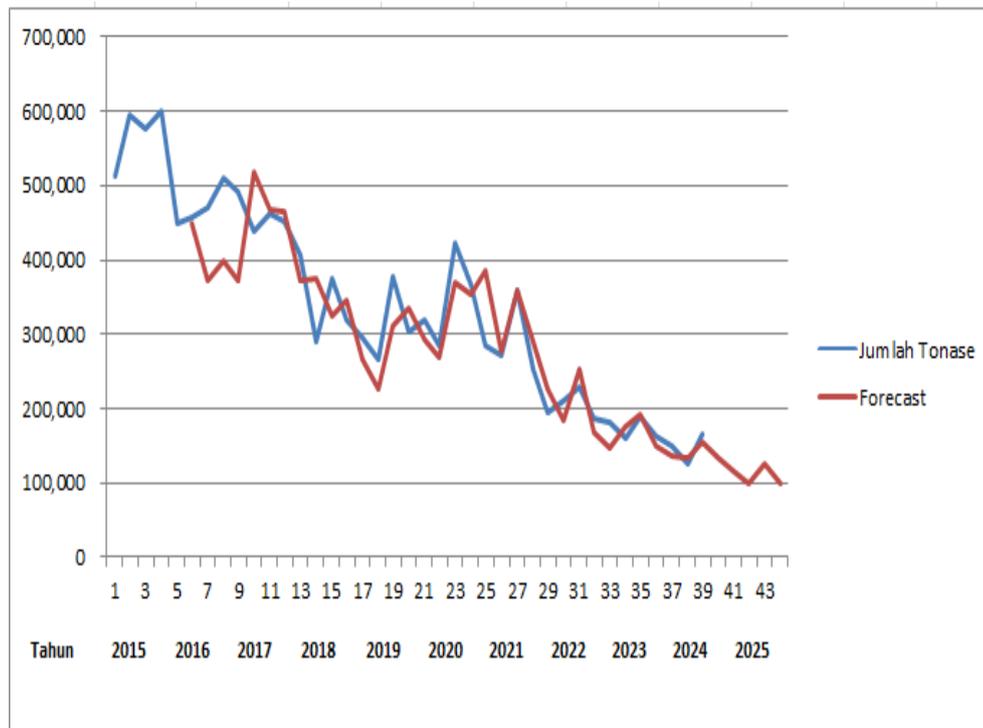
Tabel 5. Perhitungan MAPE

Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan Jumlah Tonase
7.752,38	0,02
97.569,94	0,21
111.660,50	0,22
120.734,48	0,25
80.604,37	0,18
6.671,72	0,01
11.081,86	0,02
34.624,01	0,09
84.910,60	0,29
50.576,03	0,14
26.071,27	0,08
28.580,65	0,10
39.384,51	0,15
66.713,35	0,18
33.886,93	0,11
25.515,95	0,08
16.891,80	0,06
53.280,54	0,13
13.329,63	0,04
98.572,53	0,35
4.580,98	0,02
177,40	0,005
36.149,05	0,14
33.158,14	0,17
27.826,46	0,13
24.390,75	0,11
17.418,24	0,09
34.903,13	0,19
17.405,92	0,11
1.806,63	0,01
12.345,45	0,08
11.550,99	0,08
7.922,86	0,06

8.201,65	0,05
<b>Total</b>	<b>3,93</b>
<b>MAPE = 11,55</b>	<b>n = 34</b>

4.5. Comparison

Dari data Jumlah Tonase dan *Forecast* jika dibandingkan dalam bentuk grafik maka akan seperti Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Perbandingan Jumlah Tonase & *Forecast*

Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil *forecast* sudah mendekati data tonase penjualan, sehingga dapat dipastikan bahwa tingkat akurasi peramalannya sudah cukup baik untuk memprediksi hasil dari tonase penjualan PT. Immanuel kedepannya.

4.6. Hasil dan Diskusi

Penjabaran Diskusi Hasil Prediksi Model

Interpretasi Nilai RMSE dan MAPE:

- **RMSE (Root Mean Squared Error):** RMSE adalah metrik yang digunakan untuk mengukur seberapa besar rata-rata kesalahan prediksi yang dilakukan oleh model. Nilai RMSE yang lebih kecil menunjukkan bahwa model memiliki prediksi yang lebih akurat. Dalam konteks ini, misalnya jika RMSE yang diperoleh adalah 15, maka rata-rata selisih antara nilai prediksi dengan nilai aktual adalah sekitar 15 unit. Semakin kecil nilai RMSE, semakin baik kualitas prediksi model tersebut.
- **MAPE (Mean Absolute Percentage Error):** MAPE mengukur kesalahan prediksi dalam bentuk persentase. Nilai MAPE yang lebih rendah menunjukkan akurasi yang lebih baik dalam model prediksi. Sebagai contoh, jika MAPE adalah 5%, maka rata-rata kesalahan prediksi adalah 5% dari nilai aktual. Untuk PT. Immanuel, jika MAPE yang dihasilkan berada di bawah 10%, ini menandakan model cukup dapat diandalkan dalam memprediksi tren permintaan atau penjualan.

Secara umum, hasil RMSE dan MAPE memberikan gambaran sejauh mana prediksi yang dibuat oleh model mendekati nilai aktual. Dalam konteks perencanaan produksi di PT. Immanuel, rendahnya nilai RMSE dan MAPE berarti perusahaan dapat mengandalkan model untuk meramalkan permintaan atau penjualan, sehingga produksi bisa disesuaikan dengan lebih tepat.

**Relevansi Hasil untuk PT. Immanuel:**

Hasil prediksi yang akurat dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi PT. Immanuel, terutama dalam mengoptimalkan proses perencanaan produksi. Misalnya, jika permintaan produk diprediksi dengan tepat, perusahaan bisa menghindari kelebihan stok atau kekurangan pasokan. Ini berarti perusahaan bisa mengurangi biaya penyimpanan, menghindari kehabisan stok, dan meningkatkan kepuasan pelanggan karena produk tersedia tepat waktu.

Selain itu, akurasi prediksi juga membantu dalam merencanakan sumber daya dan alokasi tenaga kerja secara lebih efisien. PT. Immanuel dapat menggunakan hasil prediksi ini untuk membuat keputusan yang lebih informasional terkait dengan pengadaan bahan baku, kapasitas produksi, dan penjadwalan produksi.

**Perbandingan dengan Penelitian Lain yang Menggunakan Metode *Triple Exponential Smoothing* (TES) atau Metode Peramalan Lain:**

Metode *Triple Exponential Smoothing* (TES) atau *Holt-Winters Exponential Smoothing* adalah metode peramalan yang sangat baik dalam menangani data yang memiliki pola musiman dan tren jangka panjang. Dalam penelitian sebelumnya, misalnya, jika metode TES digunakan untuk meramalkan permintaan produk di perusahaan retail, hasil yang diperoleh mungkin menunjukkan kemampuan model dalam menangani fluktuasi musiman dan tren yang lebih kompleks dibandingkan metode sederhana seperti regresi linier.

Sebagai contoh, jika pada penelitian lain metode TES menghasilkan RMSE sebesar 12 dan MAPE 7% untuk meramalkan permintaan produk selama musim liburan, sementara model yang digunakan PT. Immanuel menghasilkan RMSE 15 dan MAPE 10%, maka ini menunjukkan bahwa model TES bisa lebih akurat dalam menangani fluktuasi musiman. Meski demikian, jika model yang digunakan oleh PT. Immanuel lebih sederhana (misalnya menggunakan metode ARIMA atau regresi), hasil tersebut tetap bisa diterima jika fluktuasi musiman tidak terlalu signifikan atau jika model yang digunakan sudah cukup memadai untuk konteks perusahaan.

**5. KESIMPULAN**

Metode *Triple Exponential Smoothing* (TES) adalah teknik peramalan yang sangat efektif untuk data deret waktu yang menunjukkan pola musiman, tren, dan fluktuasi. Dalam konteks tonase penjualan, penggunaan TES dapat memberikan wawasan yang lebih akurat dalam meramalkan volume penjualan di masa mendatang, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti tren jangka panjang dan variabilitas musiman.

Metode ini terdiri dari tiga komponen utama: level, tren, dan musiman. Komponen level mengukur nilai dasar dari data penjualan, tren menggambarkan arah pergerakan data (apakah meningkat, menurun, atau stabil), dan komponen musiman menangkap pola fluktuasi yang berulang dalam data pada interval waktu tertentu. Dengan menggabungkan ketiga komponen ini, TES mampu mengatasi berbagai bentuk ketidakpastian yang mungkin terjadi dalam data tonase penjualan.

Salah satu keuntungan utama dari TES adalah kemampuannya untuk memberikan bobot yang berbeda pada observasi masa lalu. Data terbaru biasanya dianggap lebih relevan, sehingga dapat memberikan perkiraan yang lebih baik untuk periode mendatang. Hal ini sangat berguna dalam konteks penjualan, di mana tren dan pola musiman dapat berubah seiring waktu. Dengan menerapkan TES, perusahaan dapat meningkatkan akurasi peramalan, yang pada gilirannya dapat membantu dalam pengambilan keputusan strategis, seperti pengelolaan persediaan dan penjadwalan produksi.

Namun, meskipun TES menawarkan banyak manfaat, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi. Salah satunya adalah pemilihan parameter *smoothing* yang tepat, yang dapat mempengaruhi hasil peramalan. Penggunaan teknik optimasi atau analisis sensitivitas untuk menemukan nilai parameter yang paling sesuai menjadi sangat penting. Selain itu, data yang digunakan harus cukup representatif dan berkualitas tinggi untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Dalam praktiknya, implementasi TES dalam peramalan tonase penjualan dapat membawa hasil yang signifikan, terutama dalam meningkatkan efisiensi operasional dan menyesuaikan strategi pemasaran. Dengan memahami pola perilaku penjualan dan faktor-faktor yang mempengaruhi, perusahaan dapat membuat keputusan yang lebih tepat, mengurangi risiko, dan meningkatkan profitabilitas.

Secara keseluruhan, *Triple Exponential Smoothing* adalah metode yang sangat berharga dalam konteks peramalan tonase penjualan. Dengan kemampuannya untuk menangkap kompleksitas dalam data deret waktu, TES dapat membantu perusahaan untuk lebih siap menghadapi tantangan pasar dan memanfaatkan peluang yang ada. Penggunaan metode ini diharapkan dapat memberikan keunggulan kompetitif dalam industri yang terus berkembang dan berubah serta membawa dampak positif untuk kemajuan perusahaan.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa metode *Triple Exponential Smoothing* mampu memprediksi tonase penjualan dengan akurasi MAPE sebesar 11,55%, memenuhi kriteria akurasi baik. Hasil ini memberikan

panduan yang relevan bagi PT. Immanuel dalam mengelola variabilitas musiman dan tren jangka panjang, sehingga mendukung optimalisasi inventori dan produksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawansyah, “Sistem Pendukung Keputusan Rekomendasi Tempat Wisata Menggunakan Metode TOPSIS,” *Jurnal Ilmiah Informatika dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, vol. 1, no. 2, pp. 54-62, 2022.
- [2] C. Zai, “Implementasi Data Mining Sebagai Pengolahan Data,” *Jurnal Portaldata*, vol. 2, no. 3, pp. 1-12, 2022.
- [3] I. Yolanda dan H. Fahmi, “Penerapan Data Mining Untuk Prediksi Penjualan Produk Roti Terlaris Pada PT. Nippon Indosari Corpindo Tbk Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor*,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, vol. 3, no. 3, pp. 9-15, 2021.
- [4] S. P. Dewi, Nurwati dan E. Rahayu, “Penerapan Data Mining Untuk Prediksi Penjualan Produk Terlaris Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor*,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 3, no. 4, pp. 639-648, 2022.
- [5] M. N. D. Satria, “Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Staff Administrasi Menggunakan Metode VIKOR,” *Journal of Artificial Intelligence and Technology Information (JAITI)*, vol. 1, no. 1, pp. 39-49, 2023.
- [6] F. O. Pasaribu, A. Surahman, A. T. Priandika, S. Sintaro dan Y. T. Utami, “Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Penerimaan Guru Menggunakan SAW,” *Journal of Artificial Intelligence and Technology Information (JAITI)*, vol. 1, no. 1, pp. 13-19, 2023.
- [7] F. Yudianto, T. Herlambang, M. Y. Anshori, M. Adinugroho dan A. Rulyansah, “Sosialisasi Perhitungan Numerik Terkait *Forecasting* Pengunjung Hotel (Studi di Hotel Primebiz Surabaya),” *Indonesia Berdaya*, vol. 4, no. 3, pp. 989-996, 2023.
- [8] S. Lestari, A. S. Ahmar dan R. , “Eksplorasi Metode *Triple Exponential Smoothing* Pada Peramalan Jumlah Penggunaan Air Bersih di PDAM Kota Makassar,” *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, vol. 2, no. 3, pp. 128-146, 2020.
- [9] A. T. Hidayat, D. P. Sari dan P. Andriani, “Forecasting Penjualan Produk Sembako Menggunakan Metode *Triple Exponential Smoothing*,” *RESOLUSI : Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi*, vol. 4, no. 4, pp. 436-445, 2024.
- [10] J. Vimala dan A. Nugroho, “Forecasting Penjualan Obat Menggunakan Metode *Single, Double, dan Triple Exponential Smoothing* (Studi Kasus : Apotek Mandiri Medika),” *IT-EXPLORE Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 1, no. 2, pp. 90-99, 2022.
- [11] R. N. Yolanda, D. Rahmi, A. Kurniati dan S. Yuniati, “Penerapan Metode *Triple Exponential Smoothing* dalam Peramalan Produksi Buah Nenas di Provinsi Riau,” *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, vol. 3, no. 1, pp. 1-10, 2024.
- [12] C. Jesselyn dan S. Dewi, “Implementasi Metode Peramalan (*Forecasting*) Pada Penjualan Kuas di PT ABC,” *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)*, vol. 3, no. 1, pp. 101-109, 2024.
- [13] L. Fajarita dan E. N. Hati, “Penerapan *Forecasting Stright Line Method* Dalam Pengadaan Stok Barang Mendatang Studi Kasus : PT. Bina Karya Kusuma,” *Prosiding SINTAK*, pp. 310-317, 2018.
- [14] E. Sinaga, “Penerapan Metode *Least Squares Method* Dalam Estimasi Penjualan Produk Elektronik,” *Journal of Computing and Informatics Research*, vol. 2, no. 2, pp. 44-48, 2023.
- [15] T. W. A. Putra, S. dan M. Z. Abdillah, “Model Hybrid Untuk Prediksi Jumlah Penduduk Yang Hidup Dalam Kemiskinan,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 10, no. 6, pp. 1253-1264, 2023.