

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah proses memperkirakan nilai atau kejadian di masa depan berdasarkan data dan informasi yang tersedia saat ini. Dalam konteks manajemen dan rekayasa industri, peramalan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang berkaitan dengan perencanaan, pengendalian, dan pengelolaan sumber daya agar aktivitas operasional dapat berjalan secara efektif dan efisien (Heizer et al., 2017; Makridakis et al., 1999).

2.1.1 Tujuan peramalan

Tujuan utama peramalan adalah :

1. Menyediakan informasi yang akurat untuk pengambilan keputusan.
2. Mengantisipasi kebutuhan sumber daya di masa depan.
3. Mengurangi ketidakpastian dalam perencanaan.
4. meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional (Heizer et al., 2017)

Hasil peramalan juga berperan sebagai dasar dalam perencanaan dan pengendalian persediaan agar ketersediaan sumber daya dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual (Gaspersz, 2005).

2.1.2 Jenis data dalam peramalan

Data yang digunakan dalam peramalan biasanya berupa data deret waktu (*time series*), yaitu data yang dikumpulkan secara berurutan dalam *interval* waktu tertentu (harian, mingguan, bulanan, tahunan). Data deret waktu memiliki

karakteristik khusus yang harus diperhatikan dalam pemodelan peramalan. Seperti tren, musiman, siklus, dan komponen acak.

2.1.3 Metode Peramalan

Metode peramalan dapat dibagi menjadi dua kategori utama :

1. Metode kualitatif

Metode ini menggunakan pendapat ahli, survei, dan intuisi untuk membuat prediksi. Cocok digunakan ketika data historis tidak tersedia atau tidak memadai.

2. Metode kuantitatif

Metode menggunakan data historis dan teknik statistik atau matematis untuk membuat prediksi.

Dalam penelitian ini digunakan metode kuantitatif berbasis analisis deret waktu, dengan pemilihan metode dilakukan setelah eksplorasi karakteristik data.

2.2 Deret Waktu (*Time Series*)

Analisis deret waktu merupakan pendekatan statistik yang digunakan untuk memodelkan dan meramalkan data yang diamati secara berurutan berdasarkan waktu. Metode ini memungkinkan identifikasi komponen utama data, yaitu level, tren, musiman, dan komponen acak, yang menjadi dasar dalam pemilihan model peramalan yang tepat. Analisis deret waktu bertujuan untuk mengidentifikasi pola historis data sehingga dapat digunakan untuk melakukan peramalan pada periode mendatang (Makridakis et al., 1999).

2.2.1 Komponen Deret Waktu

Analisis karakter data umumnya mengidentifikasi empat komponen utama, yaitu :

1. *Trend* (tren) : menunjukkan arah jangka panjang data, apakah meningkat, menurun, atau stabil.
2. *Seasonality* (musiman) : fluktuasi yang berulang secara teratur dalam periode tertentu (misalnya tahunan, bulanan, mingguan).
3. *Cyclical* (siklus) : variasi jangka panjang yang berkaitan dengan faktor ekonomi atau sosial.
4. *Irregular* (acak) : variasi yang muncul secara tidak teratur akibat faktor luar yang tidak dapat diprediksi.

Identifikasi keempat komponen ini menjadi langkah awal yang penting karena setiap metode peramalan memiliki asumsi dan kemampuan yang berbeda dalam menangkap karakteristik data.

2.3 Analisis Karakter Data

Analisis karakter data merupakan tahap awal yang krusial sebelum menentukan model peramalan. Tujuannya adalah untuk memahami sifat dan pola utama dari data historis agar metode yang digunakan sesuai dengan kondisi data tersebut.

2.3.1 Analisis Visual Data

Analisis visual data dilakukan dengan menggunakan grafik deret waktu. Grafik ini menampilkan perubahan nilai permintaan darah dari waktu ke waktu sehingga memudahkan pengamatan terhadap pola umum data. Dari grafik ini dapat diidentifikasi adanya kecenderungan naik atau turun (tren), fluktuasi yang berulang secara periodik (musiman), serta lonjakan atau penurunan ekstrem yang bersifat tidak teratur.

2.3.2 Analisis Tren

Analisis tren bertujuan untuk mengetahui apakah data memiliki kecenderungan meningkat atau menurun secara sistematis dalam jangka waktu tertentu. Tren dapat dianalisis secara visual melalui kemiringan grafik deret waktu maupun secara kuantitatif menggunakan model regresi linier sederhana terhadap waktu.

Model tren linier dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Y_t = a + bt$$

Keterangan :

Y_t : nilai permintaan pada periode ke-t

a : konstanta

b : koefisien tren

t : indeks waktu

Nilai koefisien b menunjukkan arah tren data. Apabila $b > 0$ maka data memiliki tren meningkat, sedangkan jika $b < 0$ maka data menunjukkan tren menurun.

2.3.3 Analisis Musiman

Analisis musiman dilakukan untuk mengidentifikasi adanya pola berulang yang terjadi secara periodik dalam interval waktu tertentu. Pada data bulanan pola musiman umumnya berulang setiap 12 bulan. Identifikasi pola musiman dapat dilakukan melalui pengamatan grafik deret waktu maupun melalui analisis fungsi autokorelasi (*Autocorrelation function*). Indikasi adanya musiman ditunjukkan oleh nilai korelasi yang signifikan pada lag tertentu. Apabila pola musiman

teridentifikasi, maka metode peramalan yang digunakan harus mampu menangkap fluktuasi periodik tersebut agar hasil peramalan lebih akurat.

2.4 Prinsip Pemilihan Metode Peramalan

Pemilihan metode peramalan harus disesuaikan dengan karakteristik data yang dianalisis. Prinsip utama dalam peramalan adalah metode yang digunakan harus mampu merepresentasikan pola data historis, bukan sebaliknya data yang dipaksakan mengikuti metode tertentu (Makridakis et al., 1999) Oleh karena itu, analisis karakteristik data menjadi langkah penting sebelum menentukan metode peramalan yang akan digunakan.

2.5 Metode Exponential Smoothing

Exponential smoothing merupakan kelompok metode peramalan yang memberikan bobot lebih besar pada data terbaru dengan bobot yang menurun secara eksponensial pada data yang lebih lama. Metode ini relatif sederhana dan banyak digunakan dalam praktik peramalan jangka pendek.

2.5.1 Single Exponential Smoothing

Single exponential smoothing digunakan untuk data yang tidak memiliki tren dan pola musiman. Metode ini banyak digunakan pada data permintaan yang berfluktuasi secara acak dan relatif stabil (Utama & Mahardika, 2020).

Rumus *Single Exponential Smoothing* :

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\hat{Y}_t$$

Keterangan:

\hat{Y}_{t+1} = nilai ramalan periode ke- $t + 1$

Y_t = nilai aktual periode ke- t

\hat{Y}_t = nilai ramalan periode ke- t

α = parameter *smoothing* ($0 < \alpha < 1$)

Nilai α menentukan tingkat sensitivitas model terhadap perubahan data, semakin besar α maka semakin responsif modelnya terhadap perubahan data terbaru.

2.5.2 Double Exponential Smoothing

Double exponential smoothing digunakan untuk data yang memiliki tren namun tidak menunjukkan pola musiman yang signifikan. Metode ini memisahkan komponen level dan tren sehingga mampu mengikuti arah perubahan data dari waktu ke waktu.

Rumus *Double Exponential Smoothing* :

Komponen level :

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

Komponen tren :

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

Persamaan peramalan :

$$\hat{Y}_{t+m} = L_t + mT_t$$

Keterangan:

L_t = nilai level pada periode ke- t

T_t = nilai tren pada periode ke- t

α, β = parameter *smoothing* ($0 < \alpha, \beta < 1$)

m = jumlah periode ke depan yang diramalkan

2.6 Metode *Winters*

Metode *winters* merupakan pengembangan dari metode *holt* yang digunakan untuk data deret waktu yang memiliki tren dan pola musiman. Metode ini melakukan pemulusan terhadap tiga komponen utama, yaitu level, tren, dan musiman (Prasetyo & Nugroho, 2019).

Rumus *winters*

Komponen level :

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

Komponen tren :

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

Komponen musiman :

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

Persamaan peramalan :

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t+m+k}$$

Keterangan :

S_t = indeks musiman

m = panjang periode musiman (misalnya 12 untuk data bulanan)

α, β, γ = parameter *smoothing*

2.7 Evaluasi akurasi peramalan

Evaluasi akurasi peramalan dilakukan untuk menilai sejauh mana model mampu merepresentasikan data aktual. Salah satu ukuran kesalahan yang umum digunakan adalah Mean Absolute Percentage Error (MAPE) karena mudah diinterpretasikan dan penerapannya pada berbagai jenis data (Sari & Putra, 2021). MAPE menunjukkan seberapa besar kesalahan peramalan dalam bentuk persentase terhadap nilai aktual, sehingga memudahkan interpretasi dalam konteks kinerja model.

Rumus MAPE :

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

Keterangan :

- X_t = Nilai aktual pada periode ke- t
- F_t = Nilai hasil peramalan pada periode ke- t
- n = Jumlah periode waktu

2.8 Konsep Permintaan Darah dan Golongan Darah

Permintaan darah merupakan variabel kritis dalam operasional UDD PMI. Darah memiliki umur simpan yang terbatas, sehingga diperlukan perencanaan persediaan yang optimal untuk menghindari kekurangan (*stockout*) maupun kelebihan (*waste*) persediaan. Penelitian ini secara spesifik berfokus pada permintaan darah berdasarkan sistem golongan darah ABO, yang merupakan sistem penggolongan darah manusia yang paling *fundamental* dan penting dalam transfusi darah.

2.8.1 Sistem Golongan Darah ABO

Sistem ABO membagi darah menjadi empat kelompok utama berdasarkan keberadaan antigen (*aglutinogen*) pada permukaan sel darah merah dan antibodi (*aglutinin*) dalam plasma darah. Pemahaman ini esensial karena permintaan dan ketersediaan darah harus dianalisis berdasarkan golongan.

Tabel 2. 1 Sistem ABO

Golongan Darah	Antigen Pada Sel Darah Merah	Antibodi Dalam Plasma	Kompatibilitas Transfusi (Menerima)
A	Antigen A	Anti-B	A, O
B	Antigen B	Anti-A	B, O
AB	Antigen A dan B	Tidak ada	A, B, AB, O
O	Tidak ada	Anti-A dan Anti-B	O

Analisis permintaan harus dilakukan per golongan darah (A, B, O, AB) karena kebutuhan dan pola konsumsi setiap jenis golongan darah dapat bervariasi, dipengaruhi oleh distribusi populasi dan pola penyakit yang memerlukan transfusi spesifik.

2.9 Penggunaan Minitab dalam Analisis dan Peramalan Deret Waktu

Minitab merupakan perangkat lunak statistik yang digunakan untuk membantu proses analisis data dan peramalan deret waktu secara kuantitatif. Dalam penelitian ini, Minitab digunakan sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi karakteristik data permintaan darah serta melakukan peramalan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing*, dan *Winters Method*. Penggunaan Minitab bertujuan untuk memastikan proses

perhitungan dilakukan secara sistematis, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

2.9.1 Tahapan Penggunaan Minitab dalam Analisis Deret Waktu

Tahapan-tahapan dalam menggunakan Minitab sebagai berikut :

1. Penyusunan dan *Input* Data Deret Waktu

Tahap awal penggunaan Minitab adalah menyusun data historis permintaan darah dalam bentuk deret waktu. Data dimasukkan ke dalam *worksheet* Minitab dengan urutan periode yang konsisten, sehingga setiap observasi merepresentasikan permintaan darah pada satu periode tertentu. Penyusunan data yang runtut diperlukan agar analisis tren dan proses peramalan dapat dilakukan secara tepat.

2. Analisis Pola Data Menggunakan *Time Series Plot*

Setelah data dimasukkan, dilakukan analisis awal menggunakan grafik deret waktu (*time series plot*). Grafik ini digunakan untuk mengamati pola umum data, seperti kecenderungan peningkatan atau penurunan (tren) serta fluktuasi permintaan antar periode. Analisis visual ini berfungsi sebagai dasar awal dalam memahami karakteristik data sebelum dilakukan pemodelan peramalan.

3. Analisis *Autokorelasi* (ACF)

Untuk mengidentifikasi hubungan antar periode dalam data deret waktu, digunakan analisis *Autocorrelation Function* (ACF). Grafik ACF membantu dalam mendeteksi keberadaan komponen tren serta mengevaluasi apakah terdapat pola musiman yang konsisten. Hasil analisis ACF digunakan sebagai dasar dalam

menentukan metode peramalan yang sesuai, khususnya dalam membedakan penggunaan metode tanpa tren, dengan tren, atau dengan tren dan musiman.

4. Penerapan Metode Peramalan Deret Waktu

Berdasarkan hasil analisis pola data dan ACF, Minitab digunakan untuk menerapkan metode peramalan deret waktu sebagai berikut:

a. *Single Exponential Smoothing* (SES)

Metode ini digunakan untuk data deret waktu yang tidak menunjukkan tren dan pola musiman yang kuat. SES berfokus pada pemulusan data berdasarkan nilai historis untuk menghasilkan ramalan jangka pendek.

b. *Double Exponential Smoothing* (DES)

Metode ini digunakan untuk data deret waktu yang mengandung komponen tren namun tidak memiliki pola musiman yang konsisten. DES mampu menangkap perubahan level dan arah tren secara simultan.

c. *Winters Method*

Metode ini digunakan sebagai pembanding pada data yang menunjukkan fluktuasi tinggi. *Winters* mempertimbangkan komponen level, tren, dan musiman, sehingga dapat memberikan hasil peramalan yang lebih adaptif dalam kondisi tertentu.

5. Penentuan Parameter dan Proses Peramalan

Dalam proses peramalan, Minitab melakukan penentuan parameter model, seperti *smoothing constant*, melalui proses optimasi untuk meminimalkan kesalahan peramalan. Parameter yang diperoleh digunakan untuk menghasilkan

nilai ramalan pada beberapa periode ke depan, yang disajikan dalam bentuk numerik dan grafik.

6. Evaluasi Akurasi Peramalan

Untuk menilai kinerja metode peramalan yang digunakan, Minitab menyediakan ukuran kesalahan peramalan, seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai *error* ini digunakan untuk membandingkan hasil peramalan antar metode dan menentukan metode yang memberikan tingkat akurasi terbaik.

2.9.2 Peran Minitab dalam Penelitian

Dalam penelitian ini, Minitab berperan sebagai alat bantu yang mendukung proses identifikasi karakteristik data permintaan darah, Penerapan metode peramalan deret waktu yang sesuai dengan karakteristik data, dan evaluasi akurasi hasil peramalan berdasarkan ukuran kesalahan. Dengan demikian, penggunaan Minitab memungkinkan proses analisis dan peramalan dilakukan secara terstruktur dan objektif, sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan perencanaan kebutuhan darah..

2.10 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji peramalan menggunakan metode *Exponential Smoothing* dalam konteks penjualan, persediaan, maupun jumlah pelanggan. Metode-metode tersebut digunakan untuk membantu mengatasi permasalahan fluktuasi permintaan dan ketidakpastian data historis yang berdampak pada perencanaan operasional. Ringkasan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Metode	Permasalahan	Hasil
1	Saputri, A. D. D., Achmadi, S., & Auliasari, K. (2025)	Penerapan Metode <i>Holt Winter Exponential Smoothing</i> dalam Memprediksi Penjualan pada Produk Sipetek	Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (JINTEKS) Vol. 7 No. 1	<i>Holt-Winters Exponential Smoothing (multiplikatif)</i> , evaluasi MAPE	Toko Zandi Shop belum memiliki sistem peramalan penjualan yang akurat sehingga sering mengalami kesulitan dalam pengelolaan stok akibat fluktuasi permintaan produk olahan ikan petek	Metode <i>Holt-Winters</i> menghasilkan tingkat kesalahan peramalan sebesar MAPE 8,87%, yang termasuk kategori sangat baik (MAPE < 10%), sehingga mampu membantu perencanaan produksi dan pengelolaan stok secara lebih efektif
2	Utami, R. & Atmojo, S. (2017)	Perbandingan Metode <i>Holt Exponential Smoothing</i> dan <i>Winter Exponential Smoothing</i> untuk Peramalan Penjualan Souvenir	Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia Vol. 11 No. 2	<i>Holt Double Exponential Smoothing</i> dan <i>Winter Exponential Smoothing</i>	UD. Fajar Jaya sering mengalami kekosongan stok souvenir karena tidak adanya peramalan penjualan yang mampu memprediksi lonjakan permintaan secara tepat	Hasil menunjukkan metode <i>Winter Exponential Smoothing</i> lebih akurat dengan nilai MAPE 12,6%, dibandingkan <i>Holt</i> dengan MAPE 20,5%, sehingga <i>Winter</i> lebih sesuai untuk data penjualan yang memiliki pola musiman
3	Pramestia Sigit, R. A. & Herwanto, D. (2024)	Penerapan Metode <i>Double Exponential Smoothing</i> dan <i>Moving Average</i> pada Peramalan Persediaan Spare Part Oil Filter di PT. X Cabang Karawang	Industrika: Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 8 No. 4	<i>Double Exponential Smoothing (DES)</i> dan <i>Moving Average (MA)</i> , evaluasi MSE	PT. X Cabang Karawang mengalami kesulitan menentukan jumlah persediaan spare part oil filter akibat permintaan yang tidak menentu	Peramalan dengan DES menghasilkan nilai ramalan 874 unit dengan MSE 1302, sedangkan MA periode 3 menghasilkan 773 unit dengan MSE 1135,728; metode MA memberikan nilai kesalahan lebih kecil sehingga lebih akurat

4	Firdaus, I. A. N., Rohman, M. G., & Zamroni, M. R. (2025)	<i>The Implementation of Single Moving Average and Double Exponential Smoothing Methods for Sales Forecasting at Ludin Mart Pottery Store</i>	<i>Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications</i> Vol. 5 No. 1	<i>Single Moving Average (SMA) dan Double Exponential Smoothing (DES)</i> , evaluasi MAPE	Toko Gerabah Ludin belum memiliki metode peramalan penjualan yang dapat mendukung perencanaan stok secara akurat	Metode SMA periode 3 menghasilkan MAPE 7,36%, sedangkan DES menghasilkan MAPE 7,8%; SMA dinilai sedikit lebih akurat dan lebih sesuai untuk peramalan penjualan jangka pendek
5	Soetedja, A., Hidayati, R., Zubair, A., & Indana, L. (2025)	Perbandingan <i>Double Exponential Smoothing</i> , <i>Single Exponential Smoothing</i> dan <i>Moving Average</i> terhadap Peramalan Jumlah Pelanggan di Gendis Jowo	JUSIFOR: Jurnal Sistem Informasi dan Informatika Vol. 4 No. 2	<i>Single Exponential Smoothing (SES)</i> , <i>Double Exponential Smoothing (DES)</i> , <i>Moving Average (MA)</i> , evaluasi MAPE, MAD, MSD	Fluktuasi jumlah pelanggan nasi box di Gendis Jowo menyebabkan kesulitan dalam perencanaan stok bahan, kemasan, dan operasional	Metode <i>Moving Average orde 4 (MA4)</i> menghasilkan tingkat kesalahan paling rendah dibandingkan SES dan DES, sehingga dipilih sebagai metode terbaik untuk meramalkan jumlah pelanggan periode berikutnya

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa tidak terdapat satu metode peramalan yang selalu paling unggul untuk semua kondisi data. Metode *Winters* cenderung memberikan hasil yang baik pada data yang memiliki pola musiman, sedangkan metode *Double Exponential Smoothing* lebih sesuai digunakan pada data yang relatif stabil atau memiliki tren. Perbedaan hasil akurasi tersebut menunjukkan bahwa pemilihan metode peramalan perlu disesuaikan dengan karakteristik data.