

BAB II TINJAUAN PUSAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai dasar teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian tugas akhir ini. Tinjauan pustaka yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini meliputi penelitian terdahulu, konsep persediaan, manajemen persediaan, sistem persediaan probabilistik, dll.

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebelumnya telah dilakukan penelitian serupa tentang pengendalian persediaan, berikut merupakan review dari penelitian tersebut.

1. Sadjadi, Aryanezhad, dan Sadeghi (2009) menyajikan sebuah implementasi untuk meningkatkan *economic lot-sizing* pada sebuah sistem MRP dengan menggunakan algoritma Wagner-Within. Metode yang diusulkan dari makalah ini mengurangi beban perhitungan secara signifikan dalam dua kasus yang berbeda. Pertama-tama model diasumsikan tidak ada *backlogging* dan *inventory cost* dan *set-up cost* yang tetap. Model kedua dari makalah ini menggunakan algoritma Wagner-Within ketika *backlogging*, *inventory cost* dan *set-up cost* tidak tetap.
2. Muzammah, Burhan, dan Ulya (2013) menjelaskan tentang penerapan sistem *Material Requirement Planning* (MRP) menggunakan teknik *lot sizing Silver Meal* untuk pengendalian persediaan bahan baku di UD. Budi Jaya. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan biaya persediaan antara metode yang ada di UD. Budi Jaya dengan metode Silver Meal. Metode peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Moving Average* (MA). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode Silver Meal menghasilkan biaya persediaan yang lebih rendah dibandingkan metode yang digunakan oleh perusahaan.

Dari dua penelitian terdahulu yang telah disebutkan, penelitian pertama menjadi rujukan penerapan sistem *Material Requirement Planning* (MRP) menggunakan teknik *lot sizing* Algoritma Wagner-Within. Penelitian kedua

menjadi rujukan penerapan sistem MRP menggunakan teknik *lot sizing* Silver Meal. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini diberi judul “Penerapan Sistem (*Material Requirement Process*) MRP dalam Pengendalian Persediaan Bahan Baku *Animal Feedmill* dengan Teknik *Lot Sizing* Berdasarkan Algoritma Wagner-Within”.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Sadjadi, Aryanezhad dan Sadeghi	Muzammah, Burhan, dan Uliya	Penelitian saat ini
Tahun	2009	2013	2014
Judul	<i>An Improved Wagner-Within Algorithm</i>	Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Metode <i>Silver Meal</i> (Studi Kasus di UD. Budi Jaya)	Penerapan Sistem MRP dalam Pengendalian Bahan Baku <i>Animal Feddmill</i> Dengan Teknik <i>Lot zising</i> berdasarkan Algoritma Wagner-Within dan Silver-Meal (Studi Kasus PT Sierad Produce, Tbk.)
Metode	<i>Lot Sizing</i> berdasarkan Algoritma Wagner-Within	<i>Lot Sizing</i> berdasarkan Algoritma Silver-Meal, <i>Moving Averages</i>	<i>Lot Sizing</i> berdasarkan Algoritma Wagner-Within dan Silver-Meal

2.2 Teori Persediaan

Persediaan adalah sumber daya menganggur (*idle resources*) yang menunggu proses lebih lanjut. Yang dimaksud dengan proses lanjut tersebut adalah berupa kegiatan produksi pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran pada sistem distribusi ataupun kegiatan konsumsi pangan pada sistem rumah tangga (Nasution, 2008).

Pengendalian dan perawatan persediaan adalah sebuah masalah umum untuk semua organisasi dalam setiap sektor ekonomi (Tersine, 1994). Persediaan ada karena pasokan dan permintaan sulit untuk bersinkronisasi dengan sempurna dan membutuhkan waktu untuk melakukan operasi yang berhubungan dengan material. karena beberapa alasan, pasokan dan permintaan sering berbeda dalam tingkat di mana mereka masing-masing memberikan dan memerlukan persediaan.

2.2.1 Jenis Persediaan

Pujawan (2005) mengklasifikasikan persediaan menjadi 3 kelompok antara lain:

1. Berdasarkan bentuknya, persediaan dapat diklasifikasikan menjadi bahan baku (*raw material*), barang setengah jadi (*work-in-progress*), dan produk jadi. Klasifikasi ini hanya berlaku pada konteks perusahaan manufaktur
2. Berdasarkan fungsinya, persediaan bisa dibedakan menjadi:

- a. *Pipeline/Transit inventory*

Persediaan ini muncul karena *lead time* pengiriman dari satu tempat ke tempat lain. Persediaan ini akan banyak kalau jarak dan waktu pengiriman panjang. Persediaan jenis ini bisa dikurangi dengan mempercepat pengiriman misalnya mengubah alat transportasi atau dengan mencari pemasok yang lokasinya lebih dekat (tentunya dengan mempertimbangkan konsekuensi lain seperti ongkos kirim, harga, dan kualitas).

- b. *Cycle Stock*

Persediaan ini punya siklus tertentu. Pada saat pengiriman jumlahnya banyak, kemudian sedikit demi sedikit berkurang akibat dipakai atau dijual sampai akhirnya habis atau hampir habis kemudian mulai dengan siklus baru lagi.

- c. *Safety Stock*

Fungsinya adalah sebagai pelindungan terhadap ketidakpastian permintaan maupun pasokan. Perusahaan biasanya menyimpan lebih banyak dari yang diperkirakan dibutuhkan selama suatu periode tertentu supaya kebutuhan yang lebih banyak bisa dipenuhi tanpa harus menunggu. Besar kecilnya persediaan pengaman terkait dengan *inventory cost* dan *service level*.

- d. *Anticipation Stock*

Persediaan yang dibutuhkan untuk mengantisipasi kenaikan permintaan akibat sifat musiman dari permintaan terhadap suatu produk. Pada hakekatnya mengantisipasi permintaan yang tidak pasti, namun

perusahaan bisa memprediksi adanya kenaikan dalam jumlah yang *significant* (bukan sekedar pola acak).

3. Persediaan juga bisa diklasifikasikan berdasarkan sifat ketergantungan kebutuhan antara satu item dengan item lainnya, antara lain:

a. *Dependent demand item*

Item-item yang kebutuhannya tergantung pada kebutuhan item lain. Yang termasuk dalam item ini biasanya adalah komponen atau bahan baku yang akan digunakan untuk membuat produk jadi. Ketergantungan permintaan ini biasanya diwujudkan dalam bentuk *Bill of Material* (BOM).

b. *Independent demand item*

Item yang kebutuhannya tidak tergantung pada kebutuhan item lain. Produk jadi biasanya tergolong dalam item ini karena kebutuhan akan satu produk jadi tidak langsung mempengaruhi kebutuhan produk jadi yang lain.

2.2.2 Permasalahan Umum Persediaan

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008) ada dua permasalahan umum yang terdapat dalam sistem persediaan, yaitu:

1. Permasalahan Kuantitatif

Permasalahan yang berhubungan dengan pengambilan keputusan pada perusahaan atau kebijakan perusahaan. Permasalahan tersebut antara lain adalah:

- Berapa jumlah barang yang akan dibuat atau dipesan
- Kapan pemesanan akan dilakukan
- Metode pengendalian persediaan yang tepat

2. Permasalahan Kualitatif

Permasalahan yang berhubungan dengan sistem operasional persediaan. Permasalahan tersebut antara lain adalah:

- Jenis barang apa yang dimiliki
- Di mana barang tersebut berada
- Siapa yang menjadi *supplier*

Permasalahan persediaan pada sistem manufaktur akan lebih kompleks dibandingkan dengan sistem non manufaktur. Hal ini disebabkan pada sistem manufaktur memperhatikan keterkaitan langsung antara jadwal produksi dan permintaan konsumen serta tingkat persediaan. Pada sistem non manufaktur permasalahan hanya memperhatikan keterkaitan antara konsumen dan tingkat persediaan.

2.2.3 Biaya Persediaan

Secara umum biaya persediaan merupakan semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai akibat adanya persediaan. Berikut akan diuraikan biaya-biaya yang berpengaruh dalam kegiatan pengadaan material dan pengelolaan persediaan (Nasution, 2008).

1. Biaya Pembelian (*Ordering Cost*)

Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli barang. Besarnya biaya pembelian ini tergantung pada jumlah barang yang dibeli dan harga satuan barang. Biaya pembelian menjadi faktor penting ketika harga yang dibeli tergantung pada ukuran pembelian. Situasi ini akan diistilahkan sebagai *quantity discount* atau *price break* dimana harga barang per-unit akan turun apabila jumlah barang yang dibeli meningkat.

2. Biaya Pengadaan (*Procurement Cost*)

Biaya pengadaan adalah semua pengeluaran yang timbul untuk mendatangkan barang dari luar atau *supplier (ordering cost)* dan atau dalam mempersiapkan produksi sendiri suatu barang di dalam pabrik (*setup cost*)

a. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*)

Biaya pemesanan adalah semua pengeluaran yang timbul untuk mendatangkan barang dari luar. Biaya ini meliputi biaya untuk menentukan pemasok (*supplier*), pengetikan pesanan, biaya pengangkutan, biaya penerimaan, dan seterusnya. Biaya ini diasumsikan konstan untuk setiap kali pesan.

b. Biaya Pembuatan (*Setup Cost*)

Biaya pembuatan adalah semua pengeluaran yang timbul dalam mempersiapkan produksi suatu barang. Biaya ini timbul di dalam pabrik

yang meliputi biaya menyusun peralatan produksi, menyetel mesin, mempersiapkan gambar kerja dan seterusnya

Karena kedua biaya tersebut mempunyai peran yang sama, yaitu pengadaan barang, maka kedua biaya tersebut disebut sebagai biaya pengadaan (*procurement cost*)

3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost/Carrying Cost*)

Biaya simpan adalah semua pengeluaran yang timbul akibat menyimpan barang. Biaya ini meliputi :

- a. Biaya memiliki persediaan
- b. Biaya gudang
- c. Biaya kerusakan dan penyusutan
- d. Biaya kedaluarsa
- e. Biaya asuransi
- f. Biaya administrasi perpindahan

4. Biaya Kekurangan Persediaan (*Shortage Cost*)

Biaya kekurangan *inventory* adalah biaya yang dikeluarkan saat tidak tersedianya barang di *inventory*. Bila perusahaan kehabisan barang pada saat permintaan, maka akan terjadi keadaan kekurangan persediaan. Biaya-biaya kekurangan *inventory* antara lain berasal dari hilangnya kepercayaan konsumen, keterlambatan produksi, ataupun segala hal yang harus dilakukan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Biaya kekurangan persediaan dapat diukur dari :

- a. Kuantitas yang tidak dapat dipenuhi
- b. Waktu pemenuhan
- c. Biaya pengadaan darurat

2.2.4 Properti Persediaan

Secara universal, sistem persediaan selalu berkaitan dengan hal-hal berikut sebelum pada akhirnya sampai pada penentuan jumlah pemesanan yang tepat dengan biaya total yang optimal, yaitu (Tersine, 1994):

1. Permintaan (*Demand*)

- a. *Demand size* merupakan ukuran skala *magnitude* dari permintaan, yang dibedakan antara konstan atau variabel dan deterministik atau probabilistik (diskrit atau kontinyu).
- b. *Demand rate* adalah ukuran permintaan per satu satuan waktu.
- c. *Demand pattern* mengacu pada berapa banyak barang yang dikeluarkan dari persediaan.

2. Waktu tunggu (*Lead Time*)

Lead time adalah tenggang waktu yang diperlukan antara saat pemesanan bahan baku dan datangnya bahan baku itu sendiri. Waktu tunggu ini dapat konstan, dapat juga bersifat probabilistik (Elsayed and Boucher, 1994).

3. Pemesanan kembali (*Replenishment*)

- a. *Replenishment size* mengacu pada kuantitas atau sejumlah barang yang akan diterima masuk kedalam persediaan. Ukurannya dapat konstan, dapat juga variabel tergantung dari tipe sistem persediaan.
- b. *Replenishment pattern* mengacu pada bagaimana sejumlah unit tertentu ditambahkan dalam persediaan.
- c. *Replenishment lead time* adalah tenggang waktu antara saat pemesanan suatu item dan penambahan sejumlah unit tersebut pada persediaan.

4. *Reorder point* merupakan suatu titik atau batas dari jumlah persediaan yang ada pada suatu saat dimana pemesanan harus diadakan kembali untuk menjaga agar persediaan tetap ada selama *lead time* berlangsung. Berikut persamaan *reorder point* menurut Assauri (2004):

$$ROP = (d \times l) + ss \quad (2-1)$$

Dimana:

d : permintaan rata-rata selama *lead time*

l : *lead time*

ss : *safety stock*

5. *Safety Stock*

Safety stock adalah persediaan yang diadakan untuk mencegah terjadinya kekurangan persediaan ketika permintaan tidak pasti atau karena keterlambatan penerimaan bahan baku yang telah dipesan. Faktor-faktor yang menentukan besarnya persediaan ini adalah penggunaan bahan baku rata-rata

selama periode tertentu sebelum barang yang dipesan datang dan waktu tunggu yang bervariasi. Berikut persamaan *safety stock* menurut Assauri (2004):

$$SS = Zxsdl \quad (2-2)$$

Dimana:

Z : Suatu nilai dari tabel distribusi normal standar yang berkorelasi dengan probabilitas tertentu.

Sdl : Standar deviasi permintaan selama *lead time*

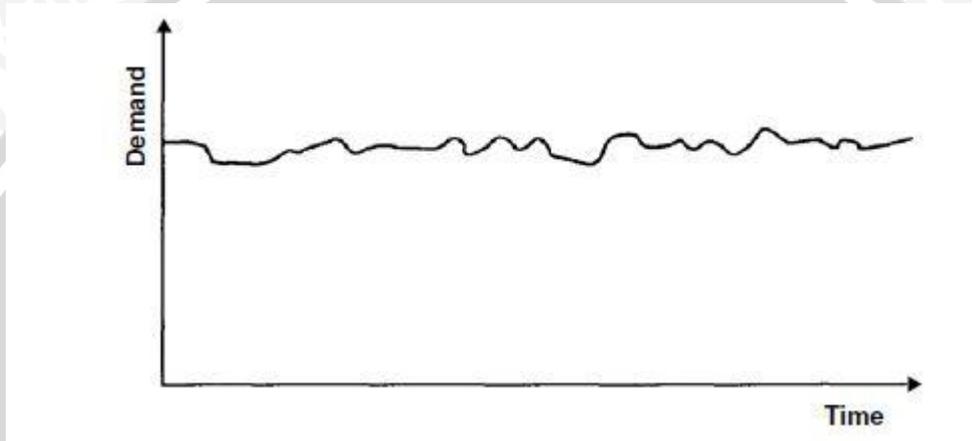
2.3 Forecasting/Peramalan

Sejak tahun 1960 semua jenis organisasi menunjukkan peningkatan untuk memperoleh hasil peramalan atau *forecast* yang lebih baik. Menurut Makridakis (1983) komitmen untuk meningkatkan hasil dari sebuah peramalan disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama karena semakin kompleksnya organisasi dan lingkungan organisasi, ini menyebabkan semakin sulit dalam pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan semua faktor. Kedua, dengan semakin berkembangnya organisasi, maka besarnya dan pentingnya sebuah keputusan akan bertambah, sebagian besar keputusan memerlukan ilmu peramalan dan analisa yang lengkap. Ketiga, sebagian besar lingkungan organisasi berubah dengan cepat. Keempat, Organisasi bergerak secara sistemik. Kelima, yang mungkin paling penting adalah pengembangan tentang metode peramalan dilakukan oleh praktisi dengan aplikasi langsung.

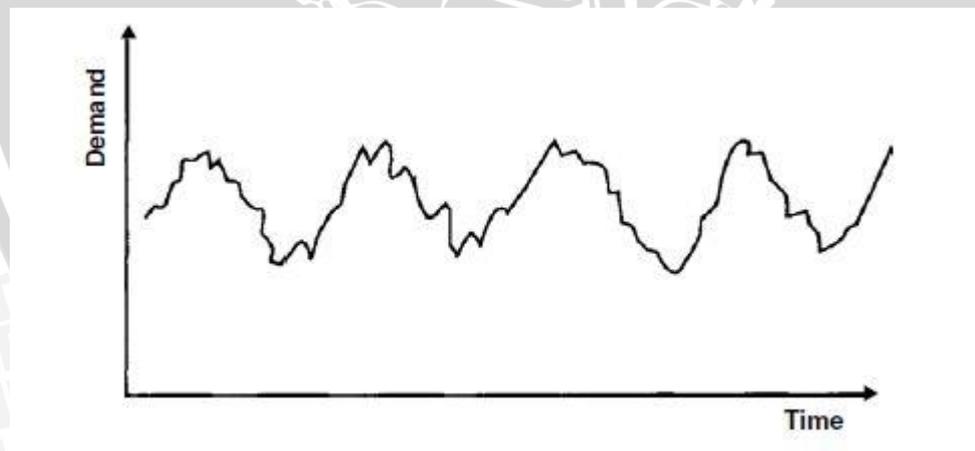
Menurut Makridakis (1983) peramalan dibagi menjadi dua katagori dasar, yaitu *quantitative* dan *qualitative*. *Quantitative methods* dapat dibedakan menjadi *time series* dan *casual method*. *Time Series model* didasarkan pada data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu dan peramalannya didasarkan pada pola tertentu dari data. dan *qualitative* dibedakan menjadi *exploratory* dan *normative method*.

Salah satu tahapan penting dalam menentukan peramalan yang sesuai dengan metode *time series* adalah menentukan tipe pola data. Ada tiga tipe pola data yang terkenal (Waters, 2003) yaitu *Constant (stationary)*, *seasonal*, dan *trend*.

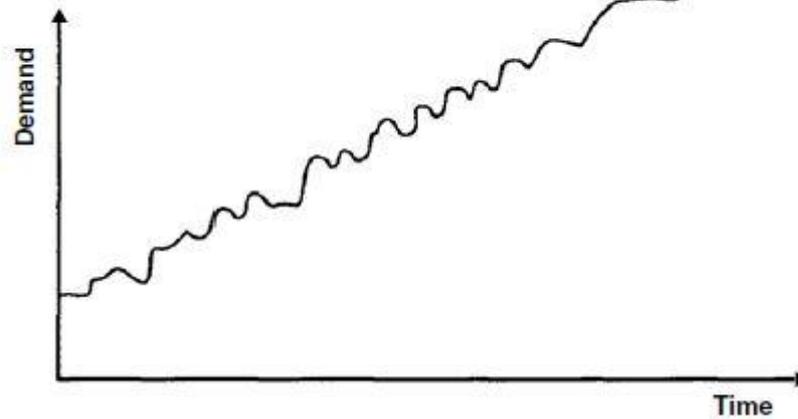
1. Pola *Constant* dijumpai ketika nilai berfluktuasi disekitar rata-rata yang konstan. Penjualan produk yang tidak mengalami peningkatan maupun penurunan dikarenakan waktu merupakan tipe ini. Seperti pada Gambar 2.2
2. Pola *Seasonal* dijumpai ketika seri dipengaruhi faktor musiman (contoh: kuartal tahun, bulan, atau sebuah hari dalam minggu). Seperti pada gambar 2.3
3. Pola *Trend* dijumpai ketika dalam jangka panjang ada kecendrungan data bertambah atau berkurang. Seperti pada Gambar 2.4



Gambar 2.1 *Constant Series*
Sumber: Waters, 2003



Gambar 2.2 *Seasonal Series*
Sumber: Waters, 2003



Gambar 2.3 Trend Series
Sumber: Waters, 2003

Peramalan yang termasuk dalam *time series model*, antara lain *moving averages*, *Weighted Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan *Exponentially Weighted Moving Average*

1. *Moving Average* (MA)

Moving Average (MA) diperoleh dengan merata-rata permintaan berdasarkan beberapa data masa lalu yang terbaru. Tujuan utama dari penggunaan teknik peramalan ini adalah untuk mengurangi atau menghilangkan variasi acak permintaan dalam hubungannya dengan waktu. Tujuan ini dicapai dengan merata-ratakan beberapa nilai data secara bersama-sama, dan menggunakan nilai rata-rata tersebut sebagai ramalan permintaan untuk periode yang akan datang. Disebut rata-rata bergerak karena begitu setiap data aktual permintaan baru deret waktu tersedia maka data aktual permintaan yang paling terdahulu akan dikeluarkan dari perhitungan kemudian suatu nilai rata-rata baru akan dihitung.

Secara matematis, maka *Moving Average* (MA) akan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$MA = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n+1}}{N} \quad (2-3)$$

Dimana :

A_t : Permintaan aktual pada periode ke-t

N : jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan MA

Karena data aktual yang dipakai untuk perhitungan MA berikutnya selalu dihitung dengan mengeluarkan data yang paling terdahulu, maka:

$$MA = MA_{t-1} \frac{A_t - A_{t-N}}{N} \quad (2-4)$$

2. Metode *Weight Moving Average*

Metode ini hampir sama dengan metode *Moving Average*, namun perbedaannya nilai setiap periode sebelumnya diberi bobot sesuai jangka waktunya. Nilai produksi satu periode sebelumnya akan memiliki bobot yang lebih besar dari nilai produksi dua periode sebelumnya, dan nilai produksi dua periode sebelumnya ini akan memiliki bobot yang lebih besar dari nilai produksi tiga periode sebelumnya.

$$F_{t-1} = W_t \cdot X_t + W_{t-1} \cdot X_{t-1} + \dots + W_{t-N+1} \cdot X_{t-N+1} \quad (2-5)$$

Dimana:

F_{t-1} : Nilai Ramalan pada periode t-1

W_t : Bobot Nilai Aktual Periode t

W_{t-1} : Bobot Nilai Aktual Periode t-1 (dst..)

X_t : Nilai Aktual Periode t

X_{t-1} : Nilai Aktual Periode t-1 (dst...)

Bobot periode $t > t-1$

Bobot Periode $t-1 > t-2$

3. Metode *Single Exponential Smoothing*

Exponential Smoothing merupakan metode peramalan dimana data kegiatan yang terakhir dianggap memiliki probabilitas yang lebih besar untuk berulang dari pada data kegiatan sebelumnya dan menurun secara eksponensial. Metode *Exponential Smoothing* ini memerlukan data yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode rata-rata bergerak, dan karena itu merupakan metode peramalan jangka pendek yang banyak dipergunakan dalam praktek. Metode *Exponential Smoothing* ini cocok dipakai untuk data yang fluktuasinya relatif besar, dan jumlah data yang terbatas.

Rumus *exponential smoothing*:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2-6)$$

Dimana:

F_t : Nilai ramalan untuk periode ke-t

F_{t-1} : Nilai ramalan untuk satu periode yang lalu (t-1)

A_{t-1} : nilai aktual untuk satu periode yang lalu (t-1)

α : konstanta pemulusan (*exponential constanta*)

Nilai *exponential constanta* $0 < \alpha < 1$

Apabila pola historis dari data aktual permintaan tidak stabil, maka pilih α mendekati 1. Semakin bergejolak, α harus mendekati 1. Namun apabila pola data historis aktual permintaan relatif stabil maka menggunakan α mendekati 0.

4. *Exponentially Weighted Moving Average* (Tersine, 1994) bisa disebut juga sebagai *exponential smoothing* yang digabungkan dengan teknik peramalan *Weighted Moving Average*. Teknik peramalan ini digunakan ketika pola data permintaan cenderung random. Seperti teknik peramalan lainnya, EWMA juga membutuhkan data historis sebagai dasar dalam menentukan peramalan. Namun berbeda dengan teknik *exponential smoothing*, dimana

$$\hat{X}_t = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha) \hat{X}_{t-1} \quad (2-7)$$

dengan Y_{t-1} adalah nilai permintaan aktual periode sebelumnya dan \hat{X}_{t-1} adalah nilai peramalan periode sebelumnya.

Pada EWMA tidak hanya menentukan nilai α tetapi juga membobotkan α sesuai dengan n periode yang digunakan dalam peramalan. Sehingga formula yang digunakan untuk menentukan peramalan dengan EWMA adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{X}_t &= \alpha [Y_{t-1} + Y_{t-2}(1 - \alpha) + Y_{t-3}(1 - \alpha)^2 + \dots + Y_{t-k}(1 - \alpha)^{k-1}] + (1 - \alpha)^2 \hat{X}_0 \\ \hat{X}_t &= \alpha \sum_{k=1}^t (1 - \alpha)^{k-1} Y_{t-k} + (1 - \alpha)^t \hat{X}_0 \end{aligned} \quad (2-8)$$

Keterangan:

\hat{X}_t : nilai peramalan permintaan pada periode ke t

\hat{X}_0 : nilai peramalan permintaan pada *initial period*

Y_{t-1} : nilai permintaan aktual periode t-1

Persamaan umum yang digunakan untuk menentukan bobot nilai permintaan pada peramalan periode selanjutnya adalah sebagai berikut:

$$weight = \alpha(1 - \alpha)^{k-1} \quad (2-9)$$

5. *Stasionary Data With Additive Seasonal Effects*, Metode peramalan ini menggunakan pendekatan dengan pola *seasonal* dan stasioner atau tidak mempertimbangkan *trend*. Langkah- langkah perhitungan peramalan produk dengan metode peramalan *Stasionary Data With Additive Seasonal Effects* dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_{t+n} = E_t + S_{t+n-p} \quad (2-10)$$

Dimana :

$$E_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha) E_{t-1}$$

$$S_t = \beta(Y_t - E_t) + (1 - \beta)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \text{ dan } 0 \leq \beta \leq 1$$

6. *Stasionary Data With Multiplicative Seasonal Effects*, Metode peramalan ini menggunakan pendekatan dengan pola *seasonal* dan stasioner atau tidak mempertimbangkan *trend*. Langkah- langkah perhitungan peramalan produk dengan metode peramalan *Stasionary Data With Multiplicative Seasonal Effects* dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_{t+n} = E_t \times S_{t+n-p} \quad (2-11)$$

Dimana :

$$E_t = \alpha(Y_t / S_{t-p}) + (1 - \alpha) E_{t-1}$$

$$S_t = \beta(Y_t / E_t) + (1 - \beta) \times S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \text{ dan } 0 \leq \beta \leq 1$$

7. *Holt-Winter's Method for Addictive Seasonal Effects*

Metode peramalan ini menggunakan pendekatan dengan pola *seasonal* dan mempertimbangkan *trend* naik maupun turun atau tidak stasioner. Langkah- langkah perhitungan peramalan produk dengan metode peramalan *Holt-Winter's Method for Addictive Seasonal Effects* dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut

$$F_{t+n} = E_t + T_t + S_{t+n-p} \quad (2-12)$$

Dimana :

$$E_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)(T_{t-1})$$

$$S_t = \gamma(Y_t - E_t) + (1 - \gamma)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 10 \text{ dan } 0 \leq \gamma \leq 1$$

8. *Holt-Winter's Method for Multiplicative Seasonal Effects*

Metode peramalan ini menggunakan pendekatan dengan pola *seasonal* dan mempertimbangkan *trend* naik maupun turun atau tidak stasioner. Langkah-langkah perhitungan peramalan produk dengan metode peramalan *Holt-Winter's Method for Multiplicative Seasonal Effects* dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut

$$F_{t+n} = (E_t + T_t)S_{t+n-p} \quad (2-13)$$

Dimana :

$$E_t = \alpha(Y_t/S_{t-p}) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)(T_{t-1})$$

$$S_t = \gamma(Y_t/E_t) + (1 - \gamma)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 10 \text{ dan } 0 \leq \gamma \leq 1$$

2.4 Ketepatan Penggunaan Metode Peramalan

Penggunaan metode peramalan tergantung pada pola data yang akan dianalisis. Jika metode yang digunakan sudah dianggap benar untuk melakukan peramalan, maka pemilihan metode peramalan terbaik didasarkan pada tingkat kesalahan prediksi pemilihan metode peramalan terbaik didasarkan pada tingkat kesalahan prediksi (Santoso, 2009). Seperti diketahui bahwa tidak ada metode peramalan yang dapat dengan tepat meramalkan keadaan data di masa yang akan datang. Oleh karena itu, setiap metode peramalan pasti menghasilkan kesalahan. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin mendekati tepat.

Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan prediksi, menurut Tersine (1994) antara lain :

1. *Mean Square Error* (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2-14)$$

2. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (2-15)$$

3. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| \quad (2-16)$$

Dengan n = banyaknya data

Y_i = data aktual pada waktu i

\hat{Y}_i = data asli peramalan pada waktu i

Untuk mengetahui sejauh mana keandalan dari model peramalan yang dipilih, menurut Gaspers (2008) perlu dibuat peta kontrol *tracking signal*. Nilai-nilai *tracking signal* tidak boleh melebihi batas ± 4 . Adapun langkah-langkah perhitungan *tracking signal* dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Eror} = \text{Peramalan} - \text{Aktual} \quad (2-17)$$

$$\text{RSFE} = \text{Kumulatif dari Eror} \quad (2-18)$$

$$\text{Absolut Eror} = \text{Absolut dari Eror} \quad (2-19)$$

$$\text{Absolut Kumulatif} = \text{Kumulatif dari Absolut Eror} \quad (2-20)$$

$$\text{MAD} = \text{Absolut Kumulatif Eror} - N \text{ periode} \quad (2-21)$$

$$\text{Tracking Signal} = \text{RSFE} / \text{MAD} \quad (2-22)$$

Keterangan:

RSFE: *Running Sum of The Forecast Errors*

MAD: *Mean Absolut Deviation*

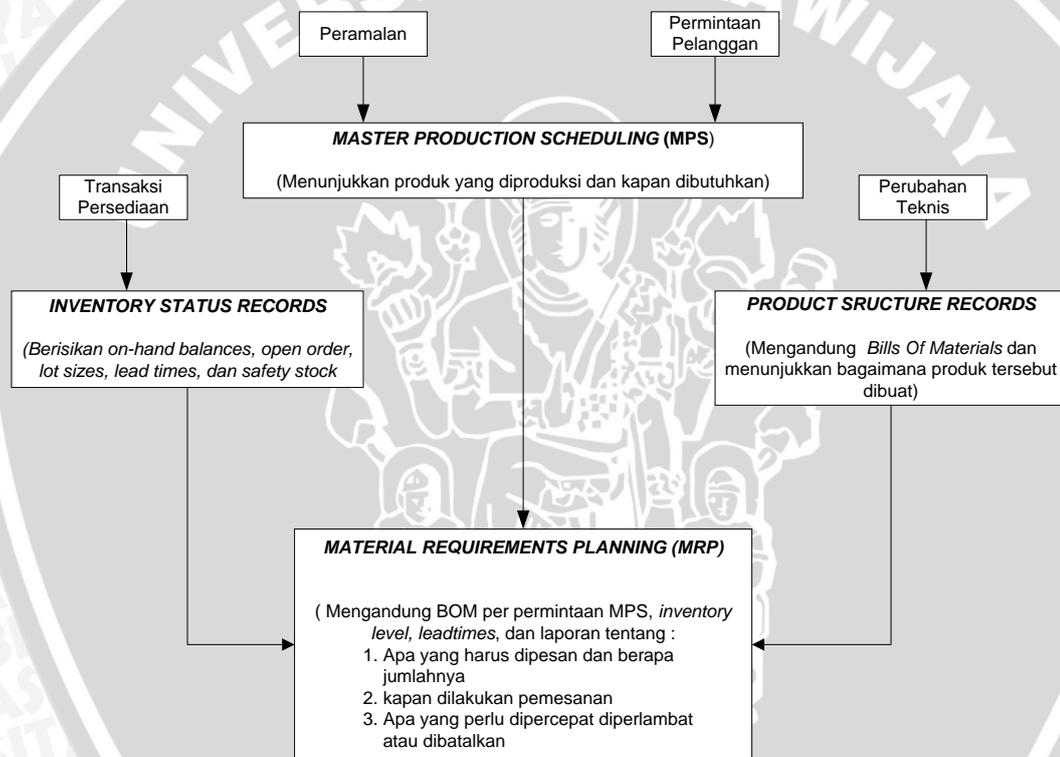
Semakin kecil nilai yang dihasilkan oleh ketiga alat ukur tersebut, maka metode peramalan yang digunakan akan semakin baik. Alat ukur yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah MSE karena eror tersebut dikuadratkan. Alat ukur ini menghasilkan *error* sedang yang kemungkinan lebih baik untuk *error* kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar.

2.5 *Material Requirements Planning* (MRP)

Sistem *Material Requirements Planning* (MRP) dikembangkan untuk membantu manufaktur dalam mengatasi *dependent demand* dengan lebih baik dari

sebelumnya (Tersine, 1994). Tujuan dari MRP adalah merencanakan kebutuhan untuk *dependent demand item* karena sebagian besar dalam manufaktur memiliki *dependent demand item*.

Menurut Nasution (2008) Sistem MRP dikembangkan untuk membantu perusahaan manufaktur mengatasi kebutuhan item-item *dependent* secara lebih baik dan efisien. Selain itu, sistem MRP didesain untuk mengatur aliran bahan baku dan persediaan dalam proses sehingga sesuai dengan jadwal produksi untuk produk akhir. Hal ini memungkinkan perusahaan memelihara tingkat minimum dari item-item yang kebutuhannya *dependent*, tetapi tetap dapat menjamin terpenuhinya jadwal produksi untuk produk akhirnya.



Gambar 2.4 *Material Requirements Planning (MRP)*
Sumber : Tersine, 1994

Dalam membuat sebuah MRP dibutuhkan 3 input utama yaitu *Master Production Schedule*, *Inventory Status Record*, dan *Product Structure Records / Bill of Materials*

1. *Master Production Schedule (MPS)* menguraikan rencana produksi untuk semua *end item* / produk , MPS juga mengungkapkan berapa banyak setiap

produk direncanakan dan kapan produk tersebut dibutuhkan. MPS dikembangkan dari peramalan permintaan dan pesanan pelanggan.

2. *Inventory Status Record* berisikan status dari setiap item persediaan baik status *on hand* maupun *on order*. *Inventory Status Record* juga dibutuhkan untuk mengecek apakah kapasitas gudang mencukupi untuk kebutuhan produksi.
3. *Product Structure Records* yang sering disebut *Bill Of Materials* berisi tentang informasi semua material, komponen, *subassemblies* yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap produk. Jika MPS merencanakan seberapa banyak produk akhir untuk memenuhi *independent demand*, maka *Product Structure Records / Bill of Materials* menghitung *dependent demand* yang dibutuhkan untuk membuat produk akhir.

2.5.1 Proses Pengolahan MRP

Berikut ini adalah contoh Matrix MRP pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Matrix MRP

	Periode												
	PD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gross Requirements (GR)													
Scheduled Receipts (SR)													
Projected-on-hand (POH)													
Net Requirements (NR)													
Planned Order Receipts (POREC)													
Planned Order Release (POREL)													

Adapun langkah-langkah pada proses pengolahan MRP adalah sebagai berikut (Tersine,1994):

1. *Gross Requirements (GR)*

Gross requirement atau kebutuhan kotor adalah total produk yang akan diproduksi atau total bahan baku yang akan digunakan untuk periode tersebut. Untuk *end items* atau produk banyaknya kebutuhan kotor pada periode tersebut diambil dari hasil *Master Production Schedule (MPS)*, sedangkan untuk komponen pendukungnya atau bahan baku, banyaknya kebutuhan kotor pada periode tersebut diambil dari “*planned order release*” dari MRP induk (*MRP end items*).

2. *Scheduled Receipts* (SR)

Scheduled receipt adalah penerimaan produk atau bahan baku yang telah dijadwalkan akan datang.

3. *Projected-on-hand* (POH)

Projected-on-hand adalah jumlah produk atau bahan baku di gudang yang masih tersisa di akhir periode dan dapat digunakan untuk periode selanjutnya.

Adapun cara menghitung POH yaitu

$$POH_t = NR_t - GR_t + (POH_{t-1} + SR_{t-1}) \quad (2-23)$$

4. *Net Requirements* (NR)

Net requirement atau kebutuhan bersih adalah total produk atau bahan baku yang dibutuhkan untuk produksi pada periode tersebut. Adapun cara menghitung NR yaitu

$$NR_t = GR_t - (SR_t + POH_{t-1}) \quad (2-24)$$

NR juga dapat ditambahkan dengan jumlah persediaan pengaman yang dibutuhkan selama produksi.

5. *Planned Order Receipts* (POREC)

Planned order receipt adalah ukuran pemesanan yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan pada periode tertentu. Ukuran pemesanannya dapat dihitung menggunakan teknik *lot sizing*.

6. *Planned Order Release* (POREL)

Planned order release adalah waktu atau kapan pemesanan dilakukan agar produk atau bahan baku yang dibutuhkan datang atau telah tersedia pada saat produksi akan dilakukan. POREL akan mengikuti lamanya waktu pemesanan terhadap bahan baku tersebut atau waktu pengerjaan terhadap produk tersebut.

2.6 Teknik *Lot sizing* dalam Sistem MRP

Menentukan teknik *lot sizing* merupakan sebuah elemen penting dalam penerapan sistem MRP. Teknik Penentuan ukuran *lot* mana yang paling baik dan tepat bagi suatu perusahaan adalah persoalan yang sangat sulit, karena sangat tergantung pada hal-hal berikut (Nasution, 2008) :

1. Variasi dari kebutuhan, baik dari jumlah maupun periodenya
2. Lamanya horison perencanaan
3. Ukuran periodenya (mingguan, bulanan, dan sebagainya)
4. Perbandingan biaya pesan dari biaya unit

Beberapa pendekatan telah disusun untuk menyelesaikan laju permintaan yang bervariasi (Tersine,1994). Mulai dari pendekatan sederhana yang mengabaikan variasi dan menerapkan formula EOQ dengan laju permintaan rata-rata. *Lot for lot ordering*, pemesanan dengan jumlah tepat disetiap periode. *Wagner and Within* yang merupakan pengembangan dari *dynamic programming* untuk menentukan solusi optimum dari variasi jumlah pemesanan, *Silver and Meal* merupakan pengembangan dari *heuristic algorithm* dan lain sebagainya

2.7 Algoritma Wagner-Within

Algoritma merupakan prosedur yang mengarah pada solusi dari sebuah masalah yang diberikan pada suatu proses yang berulang. Prosedur algoritma lebih kompleks dibandingkan sebuah substitusi dari sebuah persamaan. Ini membutuhkan perhitungan yang lebih jauh dari prosedur *nonrecursive*.

Algoritma Wagner-Within memperoleh solusi optimal untuk permasalahan deterministik dengan ukuran pemesanan dinamis dengan *horizon* terbatas (Tersine,1994). Algoritma Wagner-Within merupakan pendekatan pemrograman dinamis untuk meminimalkan kebijakan pengendalian biaya. Untuk melakukan perhitungan dengan teorema ini maka diperlukan tiga langkah berikut :

1. Menghitung matriks total variabel biaya untuk semua alternatif pemesanan untuk waktu yang terdiri dari N periode

$$Z_{ce} = C + hP \sum_{i=c}^e (Q_{ce} - Q_{ci}) \quad \text{untuk } 1 \leq c \leq e \leq N \quad (2-25)$$

Dimana

C = ordering cost per order

H = holding cost fraction per period

P = unit purchase cost

$$Q_{ce} = \sum_{k=e}^c R_k$$

R_k = demand rate in period k

$$f_e = \text{Min} (Z_{ce} + f_{e-1}) \quad \text{untuk } c = 1, 2, \dots, e \quad (2-26)$$

Pada bagian lain, untuk setiap periode kombinasi dari alternative pemesanan dan penambahan f_e dibandingkan. Kombinasi terbaik (biaya terendah), dicatat dan dijadikan sebagai strategi untuk memenuhi kebutuhan pada periode 1 sampai e .

2. Untuk menerjemahkan solusi optimum (f_N) diperoleh dari algoritma dalam jumlah pemesanan, yang diaplikasikan dengan :

$$f_N = Z_{wN} + f_{w-1} , \tag{2-27}$$

pemesanan terakhir yang terjadi pada periode w dan memenuhi kebutuhan pada periode w sampai N

$$f_{w-1} = Z_{vw-1} + f_{v-1} \tag{2-28}$$

urutan pemesanan sebelumnya hingga pemesanan terakhir terjadi pada periode v dan cukup untuk memenuhi kebutuhan pada periode v sampai $w - 1$

$$f_{u-1} = Z_{1u-1} + f_0 \tag{2-29}$$

pemesanan pertama terjadi pada periode 1 dan memenuhi demand pada periode 1 sampai $u - 1$

2.8 Algoritma Silver-Meal

Edward Silver dan Harlan Meal mengembangkan sebuah *heuristic lot sizing algorithm* yang berbasis pada biaya periode terendah. *Heuristic* menentukan biaya rata-rata per periode dimana jumlah *order* terus bertambah sesuai dengan jumlah periode. Pemesanan akan direncanakan ketika biaya rata-rata per periode mengalami kenaikan untuk pertama kali .

$$\frac{TRC(T)}{T} = \frac{C + \text{Total holding cost to the end of period } T}{T} \times \frac{C + Ph \sum_{k=1}^T (k-1)R_k}{T} \tag{2-30}$$

Dimana :

C = ordering cost per order

H = holding cost fraction per period

P = unit purchase cost

Ph = holding cost per period

$TRC(T)$ = total relevant cost over T periods

T = time supply of replenishment in periods

R_k = demand rate in periode k

Untuk memilih total biaya per periode yang paling minimum maka heuristic mengevaluasi peningkatan nilai T sampai

$$\frac{TRC(T+1)}{T+1} > \frac{TRC(T)}{T} \quad (2-31)$$

Ketika total biaya per unit mulai bertambah pada $T + 1$, maka T dipilih sebagai periode pemesanan. Jumlah pemesanan dinyatakan Q dengan nilai tertentu dari T

$$Q = \sum_{k=1}^T R_k \quad (2-32)$$

Proses berjalan kembali pada $T + 1$ sebagai periode pertama pemesanan dan dilanjutkan sampai akhir waktu *horizon*

