

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini:

1. Taryana (2008), penelitian ini melakukan perencanaan pembelian bahan baku sepatu di PT. Sepatu Mas Idaman dengan tujuan menjaga kelancaran produksi dan meningkatkan efisiensi, dan menentukan kinerjanya dalam hal penghematan biaya persediaan bahan baku. Untuk mencapai tujuan yang telah disebutkan penelitian ini menggunakan teknik *lot sizing* tanpa persediaan pengaman (*non safety stock*), model analisis ABC, dan normalitas data dengan uji *Kolmogorov Smirnov*. Dengan membandingkan metode – metode yang digunakan, akhirnya terpilih metode *least unit cost* (LUC) dan *least total cost* (LTC) untuk masing – masing bahan bakunya yaitu *cow leather*, *sheep leather*, *pig skin*, *midsole* dan *outsole*.
2. Silvia (2013), penelitian ini melakukan perencanaan pengendalian persediaan bahan baku semen di PT. Semen Tonasa Pangkep dengan tujuan menghindari penumpukan persediaan bahan baku yang dapat menimbulkan pembengkakan dalam biaya persediaan. Metode yang digunakan adalah *Min – Max Stock* pada setiap bahan bakunya. Dari metode tersebut jumlah persediaan akhir yang didapat lebih efisien jika dibandingkan dengan jumlah persediaan akhir perusahaan.
3. Ummiroh (2013), penelitian ini melakukan perencanaan pembelian bahan baku di *Penyellow Furniture* yang menyediakan *outdoor furniture*. Metode yang digunakan adalah *lot for lot* dan *part period balancing* (PPB) dengan menggunakan *software POM for Windows 3* sebagai *tools* pendukungnya. Hasil dari penelitian ini memilih *part period balancing* sebagai metode dengan hasil optimal dan juga metode ini mempertimbangkan kuantitas pembelian yang dapat menyeimbangkan biaya pemesanan dan penyimpanan berdasarkan kebutuhan bersih kumulatif.

Untuk menjelaskan perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya, maka pada Tabel 2.1 disajikan perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan, dari metode, objek, dan hasil penelitian ini. Penelitian ini menggunakan metode *continuous material requirement*

planning (CMRP) yang sesuai dengan jenis produksi semen yang kontinu, sebelum perencanaan persediaan akan dilakukan peramalan permintaan untuk menentukan jumlah produksi yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan bahan baku dan bahan bakar semen. Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini memiliki kelebihan dibandingkan penelitian terdahulu sehingga dapat membantu pembuatan kebijakan perusahaan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Penulis			
	Taryana (2008)	Silvia (2013)	Ummiroh (2013)	Khotimah (2015)
Judul Penelitian	Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku pada Produk Sepatu dengan Pendekatan Teknik <i>Lot Sizing</i> dalam Sistem MRP	Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode <i>Min – Max Stock</i> pada PT. Semen Tonasa di Pangkep	Analisis Penerapan <i>Material Requirement Planning</i> (MRP) pada <i>Penyellow Furniture</i>	Perencanaan Persediaan Bahan Baku dan Bahan Bakar Semen dengan Pendekatan <i>Continuous Material Requirement Planning</i> (CMRP)
Metode	Lotsizing, ABC, uji Kolmogorov Smirnov	Min – Max Stock	<i>Time Series</i> , <i>Material Requirement Planning</i> (MRP), dan <i>software POM for Windows 3</i>	<i>Time Series</i> , <i>continuous material requirement planning</i> (CMRP)
Objek Penelitian	PT. Sepatu Mas Idaman	PT. Semen Tonasa	<i>Penyellow Furniture</i>	PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
Hasil Penelitian	<i>Total Inventory Cost</i> dari masing – masing metode dan perbandingan <i>total inventory cost</i> antar metode	Ukuran pemesanan dan <i>safety stock</i> optimal untuk setiap bahan baku	Peramalan jumlah permintaan, tabel MRP, <i>Total Inventory Cost</i> pada masing – masing metode	Peramalan jumlah permintaan produk, kuantitas pemesanan bahan baku dan bahan bakar, perhitungan <i>total inventory cost</i> rekomendasi dan <i>existing</i> , dan tabel MRP

2.2 TEORI PERSEDIAAN

Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam setiap perencanaan produksi baik perusahaan yang bergerak di bidang jasa atau di bidang manufaktur. Salah satu yang dipertimbangkan adalah terpenuhinya permintaan konsumen terhadap suatu produk. Pengendalian persediaan untuk mendukung tetap berlangsungnya proses produksi merupakan hal yang harus direncanakan agar tidak terjadi kekurangan persediaan atau kelebihan persediaan yang tidak sesuai perencanaan yang akan mengakibatkan tingginya biaya persediaan. Menurut Smith (1989:108), persediaan adalah sejumlah barang yang disimpan yang terdiri dari satu atau lebih *item* dan berupa *part*, bahan rakitan, atau produk jadi yang dibeli dari pihak luar maupun diproduksi sendiri.

Pengendalian dan perencanaan persediaan merupakan hal yang tidak bisa dipisahkan dalam suatu proses produksi. Pengendalian dan perencanaan produksi meliputi perencanaan waktu dan jumlah pemesanan serta pengawasan terhadap pelaksanaan perencanaan yang sudah dilakukan sebelumnya. Optimal atau tidaknya pengendalian tersebut dapat dilihat dari keseimbangan tingkat persediaan dan biaya persediaan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

2.2.1 Fungsi Persediaan

Adanya persediaan disebabkan oleh adanya ketidakseimbangan antara permintaan dengan jumlah persediaan dan adanya keterbatasan waktu dalam proses pengadaan bahan baku. Hal – hal berikut ini merupakan faktor – faktor yang mendukung fungsi persediaan (Tersine, 1994:6):

1. *Time factor* (faktor waktu)

Berkaitan dengan lamanya proses produksi dan distribusi sebelum barang jadi sampai kepada konsumen. Dibutuhkan selang waktu tertentu untuk membuat jadwal produksi, pemotongan bahan baku, pengiriman bahan baku dari *supplier*, pemeriksaan bahan baku, proses produksi, dan pengiriman produk jadi ke pedagang besar atau konsumen. Persediaan memungkinkan perusahaan untuk mengurangi *lead time* dalam memenuhi kebutuhan *customer*.

2. *The discontinuity factor* (faktor ketidakpastian waktu datang)

Ketidakpastian waktu kedatangan bahan baku dari *supplier* menyebabkan perusahaan memerlukan adanya persediaan agar tidak menghambat proses

produksi maupun tidak menyebabkan keterlambatan pengiriman barang kepada konsumen. Persediaan bahan baku tergantung pada *supplier*, persediaan barang dalam proses tergantung pada departemen produksi dan persediaan barang jadi tergantung pada konsumen. Ketidakpastian waktu datang mengharuskan perusahaan untuk membuat jadwal operasi pada level performansi yang harus dicapai.

3. *The uncertainty factor* (faktor ketidakpastian penggunaan)

Ketidakpastian penggunaan dari dalam perusahaan disebabkan oleh kesalahan dalam peramalan permintaan, kerusakan mesin, keterlambatan pengiriman, bahan cacat, dan berbagai kondisi lainnya. Persediaan dilakukan untuk mengantisipasi kejadian yang belum diprediksi atau direncanakan.

4. *The economy factor* (faktor ekonomi)

Adanya keinginan perusahaan untuk mendapatkan alternatif biaya rendah dalam membeli atau memproduksi *item* dengan menentukan jumlah yang paling ekonomis. Selain itu, pemesanan dalam jumlah besar dapat pula menurunkan biaya karena biaya transportasi per unit menjadi lebih rendah. Dalam hal ini, persediaan diperlukan untuk menjaga stabilitas produksi dan jumlah sumber daya manusia yang dibutuhkan.

Selain fungsi tersebut di atas ada klasifikasi fungsional yang digolongkan oleh Tersine (1994:7) ke dalam beberapa kategori sebagai berikut:

1. *Working stock*

Persediaan *lot size* yang dimiliki dan disimpan untuk permintaan yang akan datang. *Lot size* mempunyai manfaat untuk mengurangi atau meminimalisasi biaya pemesanan dan penyimpanan.

2. *Safety stock*

Persediaan yang dibuat untuk mengantisipasi ketidakpastian penyediaan dan permintaan. *Safety stock* akan digunakan selama waktu tunggu kedatangan barang pesanan sehingga tidak sampai terjadi kekurangan barang.

3. *Anticipation stock*

Persediaan yang disediakan untuk mengantisipasi permintaan yang bersifat musiman dan tidak menentu (misalnya, apabila ada promosi atau musim liburan) sehingga tidak sampai terjadi kekurangan barang dan stabilnya beban pekerjaan.

4. *Pipeline stock*

Persediaan ini timbul karena dalam melakukan penerimaan material, pengiriman material ke proses produksi, pengiriman material setengah jadi ke proses produksi, pengiriman material setengah jadi ke proses akhir tentu membutuhkan waktu. Secara eksternal, *pipeline stock* dapat digambarkan sebagai persediaan yang sedang dalam perjalanan. Sedangkan secara internal, *pipeline stock* digambarkan dengan produk yang sedang menunggu untuk diproses serta diproses untuk dipindahkan.

5. *Decoupling stock*

Persediaan yang dibuat untuk memungkinkan perusahaan dapat memenuhi permintaan pelanggan tanpa harus tergantung pada *supplier*.

6. *Physic stock*

Persediaan yang digunakan sebagai produk *display* untuk mendorong minat pelanggan dalam membeli produk tersebut atau dapat disebut juga sebagai *sales* yang berdiam diri.

2.2.2 Jenis Persediaan

Menurut Tersine (1994:3), jenis – jenis persediaan terdiri dari 4 hal sebagai berikut:

1. *Supplies*, merupakan barang persediaan yang digunakan pada kondisi normal dan bukan merupakan bagian akhir dari produk. Barang – barang yang termasuk dalam kategori ini antara lain pensil, kertas, bola lampu, dan barang persediaan untuk *maintenance*.
2. *Raw materials*, merupakan barang yang dapat dibeli dari *supplier* atau dikelola sendiri dari perusahaan untuk menjadi *input* dari proses produksi. Bahan baku pada perusahaan dapat digunakan sebagai bahan dasar ataupun dapat diubah bentuknya sesuai dengan proses produksi yang dilakukan perusahaan.
3. *In – process goods*, merupakan barang yang masih selesai sebagian yang masih dalam proses produksi dan sedang menunggu untuk menuju proses selanjutnya.
4. *Finished goods*, merupakan produk akhir hasil dari proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan. Hasil dari proses produksi merupakan produk yang siap untuk dijual dan dikirim kepada konsumen.

2.2.3 Biaya Persediaan

Biaya persediaan adalah biaya yang terkait operasional dari sistem persediaan dan akibat dari setiap kegiatan yang bertujuan menstabilkan sistem. Beberapa biaya yang menjadi parameter dan relevan terhadap biaya persediaan adalah biaya pembelian, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan (Tersine, 1994:13).

1. Biaya Pembelian (*Purchase cost, P*)

Biaya pembelian adalah harga per unit yang dibayar atau dikeluarkan perusahaan apabila *item* dibeli dari pihak ketiga atau biaya produksi per unit apabila *item* diproduksi sendiri oleh perusahaan. Untuk pembelian *item* dari pihak ketiga, biaya per unit adalah harga beli produk ditambah dengan biaya pengangkutan. Sedangkan untuk item yang diproduksi di dalam perusahaan, biaya per unit meliputi biaya tenaga kerja, biaya bahan baku, dan biaya *overhead* pabrik.

2. Biaya Pemesanan (*Order Cost / Setup Cost, C*)

Biaya pemesanan adalah biaya yang berasal dari pembelian pesanan dari *supplier* atau biaya persiapan (*setup cost*) apabila *item* diproduksi sendiri oleh perusahaan. Biaya ini tidak dihitung berdasarkan berapa jumlah barang yang dipesan, tetapi berdasarkan dengan jumlah surat pesanan (*purchase order*) yang dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya – biaya yang termasuk biaya pemesanan adalah:

- a. Biaya administrasi
- b. Menganalisis dan memilih *supplier*
- c. Membuat pesanan pembelian
- d. Penerimaan bahan
- e. Inspeksi bahan
- f. Pelaksanaan proses transaksi

Sedangkan yang termasuk biaya persiapan adalah sebagai berikut:

- a. Biaya yang dikeluarkan akibat perubahan produksi
- b. Pembuatan jadwal kerja
- c. Persiapan sebelum produksi
- d. Pemeriksaan kualitas

3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*, H)

Biaya penyimpanan atau *holding cost* adalah biaya yang dikeluarkan atas investasi dalam persediaan dan pemeliharaan maupun investasi sarana fisik untuk menyimpan dan menjaga persediaan. Biaya ini sering disebut sebagai *hidden cost* karena biaya ini sesungguhnya memang ada, namun tidak terhitung dalam sistem pembukuan karena merupakan biaya atas kehilangan kesempatan (*opportunity cost*). Biaya – biaya yang termasuk dalam biaya penyimpanan adalah sebagai berikut:

- a. Biaya modal (*capital cost*) yaitu investasi persediaan
- b. Biaya layanan persediaan (*inventory service cost*) yang terdiri dari asuransi dan pajak.
- c. Biaya ruang simpan (*storage space cost*) yang terdiri dari biaya sewa gudang atau biaya operasional gudang.
- d. Biaya risiko (*inventory risk cost*) yang terdiri dari biaya penurunan harga bahan karena adanya kadaluarsa (*obsolescence*), kerusakan (*damage*), kehilangan (*shrinkage*) dan pemindahan (*relocation cost*).

4. Biaya Kekurangan (*Stockout Cost / Depletion Cost*, D)

Biaya kekurangan adalah biaya yang terjadi karena tidak adanya persediaan barang (kehabisan) pada waktu barang dibutuhkan baik dari pihak luar maupun pihak dalam perusahaan. Kekurangan dari luar terjadi apabila pesanan konsumen tidak dapat dipenuhi, sedangkan kekurangan dari dalam terjadi apabila departemen tidak dapat memenuhi kebutuhan departemen yang lain. Akibat dari terjadinya kekurangan dari luar membuat munculnya biaya *backorder*, biaya kehilangan kesempatan penjualan, dan biaya kehilangan kesempatan menerima keuntungan. Sedangkan terjadinya kekurangan dari dalam menimbulkan adanya penundaan pengiriman dan *idle* kapasitas.

2.3 FORECASTING / PERAMALAN

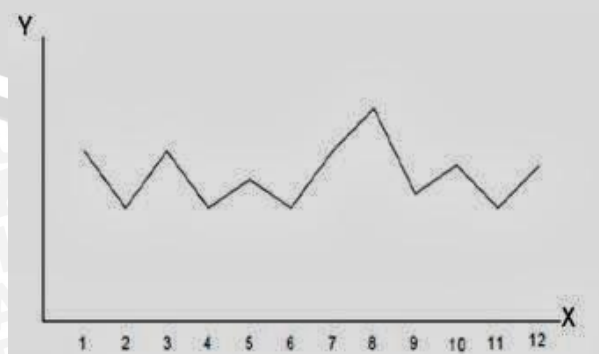
Sejak tahun 1960 semua jenis organisasi menunjukkan peningkatan untuk memperoleh hasil peramalan atau *forecast* yang lebih baik. Menurut Makridakis, Wheelwright & McGee (2003:19) komitmen untuk meningkatkan hasil dari sebuah peramalan disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama karena semakin kompleksnya 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 analisis 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.

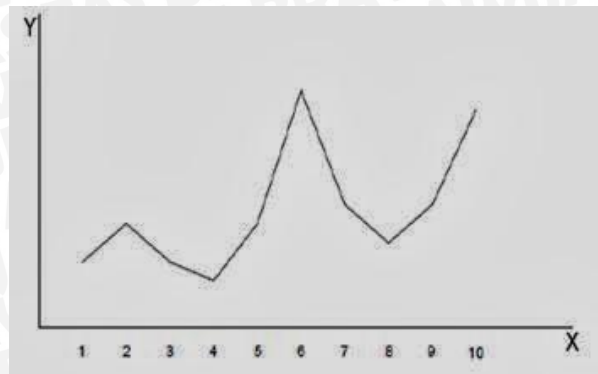
Menurut Makridakis (2003:19) peramalan dibagi menjadi dua kategori dasar yaitu *quantitative* dan *qualitative*. *Quantitative methods* dapat dibedakan menjadi *time series* dan *causal methods*. *Time series* model didasarkan pada data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu dan peramalannya yang 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. Pola data dapat dibedakan menjadi 4 yaitu *horizontal*, *seasonal*, *trend*, dan *cyclic*.

1. Pola *Horizontal* dijumpai ketika nilai berfluktuasi di sekitar rata – rata yang konstan. Penjualan yang tidak mengalami peningkatan maupun penurunan dikarenakan waktu merupakan salah satu ciri tipe ini.
2. Pola *Seasonal* dijumpai ketika seri dipengaruhi faktor musiman (contoh: kuartal tahun, bulan, atau tahun sebuah hari dalam minggu).
3. Pola *Trend* dijumpai ketika dalam jangka panjang ada kecenderungan data bertambah atau berkurang.
4. Pola *Cyclic* terjadi apabila fluktuasi permintaan jangka panjang membentuk gelombang / siklus.



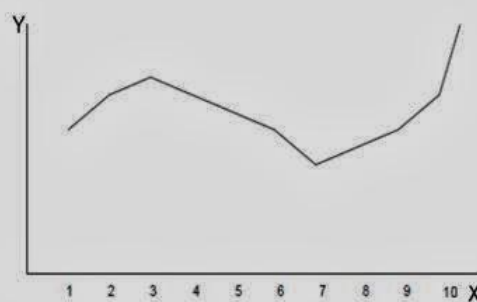
Gambar: 2.1 *Horizontal*
Sumber: Makridakis (2003:23)



Gambar: 2.2 Seasonal
Sumber: Makridakis (2003:23)



Gambar: 2.3 Trend
Sumber: Makridakis (2003:23)



Gambar: 2.4 Cyclic
Sumber: Makridakis (2003:23)

Beberapa metode peramalan yang termasuk dalam *time series* model, antara lain *moving averages*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, *double exponential smoothing*, dan *winter's modified model* (Greene, 1987: 9.10)

1. Metode Moving Average

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 berikut:

$$A_t = \frac{X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-n+1}}{N} \quad (2-1)$$

Dimana:

A_t : Permintaan aktual pada periode ke-t

X_t : Jumlah permintaan 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:

$$A_t = A_{t-1} \frac{X_t - X_{t-n}}{N} \quad (2-2)$$

2. Metode *Weighted 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.

$$A_t = W_t \cdot X_t + W_{t-1} \cdot X_{t-1} + \dots + W_{t-N+1} \cdot X_{t-N+1} \quad (2-3)$$

Dimana:

A_t : Nilai ramalan pada periode t

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 *Exponential Smoothing*

Exponential Smoothing merupakan metode peramalan dimana data kegiatan yang terakhir dianggap memiliki probabilitas yang lebih besar untuk berulang daripada 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 praktik. Metode *Exponential Smoothing* ini cocok dipakai untuk data yang fluktuasinya relatif besar, dan jumlah data yang terbatas.

Rumus *exponential smoothing*:

$$A_t = A_{t-1} + \alpha(X_{t-1} - A_{t-1}) \quad (2-4)$$

Dimana:

A_t : Nilai ramalan untuk periode ke- t

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

X_{t-1} : Nilai aktual untuk satu periode yang lalu ($t-1$)

α : Konstanta pemulusan (*exponential constanta*)

Nilai *exponential constanta* α , $0 \leq \alpha \leq 1$

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. *Double Exponential Smoothing*

Menurut Greene (1987:53) *Multiple Exponential Smoothing* merupakan model yang dikembangkan dari *single exponential smoothing*

$$F_{t+1} = A_t + R_t \quad (2-5)$$

Keterangan:

F_{t+1} : Nilai peramalan permintaan pada periode ke $t+1$

A_t : Nilai peramalan permintaan pada *initial period*

R_t : Nilai *trend* periode t

Dengan nilai α , $0 \leq \alpha \leq 1$ dan nilai β , $0 \leq \beta \leq 1$

5. *Winter's Modified Model*

Metode peramalan ini menggunakan pendekatan pola *seasonal* dan mempertimbangkan *trend* naik maupun turun atau tidak stasioner. Langkah – langkah perhitungan peramalan produk dengan metode peramalan *Winter's Modified Model* dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_t = \alpha \frac{X_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + R_{t-1}) \quad (2-6)$$

Dimana:

S_{t-L} : *seasonal factor*

$$S_t = \gamma \frac{X_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L} \quad (2-7)$$

R_{t-1} : *trend factor*

$$R_t = \delta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \delta)R_{t-1} \quad (2-8)$$

$$F_{t+1} = A_t + R_t + S_t$$

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

2.4 KETEPATAN PENGGUNAAN 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 dapat didasarkan pada tingkat kesalahan prediksi. 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 tepat.

Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan prediksi, menurut Tersine (1994:41) antara lain:

1. *Mean Square Error (MSE)*

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_i - \widehat{Y}_i)^2 \quad (2-9)$$

2. *Mean Absolute Deviation (MAD)*

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \widehat{Y}_i| \quad (2-10)$$

3. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \widehat{Y}_i}{Y_i} \right| \quad (2-11)$$

Dengan n = banyaknya data

Y_i = data aktual pada waktu i

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

4. *Tracking Signal*

Untuk mengetahui sejauh mana keandalan dari model peramalan yang dipilih, menurut Gasperz (2008:81) perlu dibuat peta kontrol *tracking signal*. Nilai – nilai *tracking signal* tidak boleh melebihi batas ± 4 . Adapun langkah – langkah perhitungan *tracking signal* dirumuskan sebagai berikut:

$Error = \text{Peramalan} - \text{Aktual}$

$RSFE = \text{Kumulatif dari Error}$

$\text{Absolut Error} = \text{Absolut dari Error}$

$\text{Absolut Kumulatif} = \text{Kumulatif dari Absolut Error}$

$MAD = \text{Absolut Kumulatif Error} - N \text{ periode}$

$\text{Tracking Signal} = RSFE / MAD$

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 error tersebut dikuadratkan. Alat ukur ini menghasilkan error sedang yang kemungkinan lebih baik untuk error kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar.

2.5 MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP)

Metode *material requirement planning* (MRP) adalah sebuah metode pemesanan dan pengendalian pesanan dan inventori untuk *item – item dependent demand*, dimana permintaannya cenderung *discontinuous* dan *lumpy*. *Item – item* yang termasuk *dependent demand* antara lain bahan baku, *parts*, *subassmeblies*, dan *assemblies* yang keseluruhannya disebut *manufacturing inventories* (Gasperz, 2008:177).

Motto dari *material requirement planning* (MRP) adalah memperoleh material yang tepat, dari sumber yang tepat, untuk penempatan yang tepat, dan pada waktu yang

tepat. Berdasarkan dari *Material Production Schedule* (MPS) yang diturunkan dari rencana produksi, *material requirement planning* (MRP) mengidentifikasi *item* apa yang harus dipesan, berapa banyak kuantitasnya, dan kapan pemesanan harus dilakukan (Gasperz, 2008:177).

Tabel 2.2 Matriks *Material Requirement Planning* (MRP)

	Lot Size:					
	Safety Stock:					
Lead Time:	Time Periods (Week)					
On Hand:	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement						
Schedule Receipts						
Projected On-Hand						
Projected Available						
Net Requirement						
Planned Order Receipts						
Planned Order Release						

Tabel 2.2 menunjukkan contoh tampilan *form material requirement planning* (MRP). Berikut adalah penjelasan mengenai format tampilan *form material requirement planning* (MRP) di atas (Gasperz, 2008:180).

1. *Lead time* adalah waktu (banyaknya periode) yang dibutuhkan sejak pemesanan dilakukan sampai suatu *item* yang dipesan siap untuk digunakan.
2. *On hand* adalah posisi persediaan awal yang secara fisik tersedia dalam *stock*, yang merupakan jumlah dari *item* yang ada dalam *stock*.
3. *Lot size* adalah kuantitas dari *item* yang biasanya dipesan dari pabrik atau pemasok. Sering disebut juga sebagai kuantitas pesanan atau ukuran *batch*. Selain itu juga menampilkan teknik *lot sizing* apa yang digunakan.
4. *Safety stock* adalah stok tambahan dari *item* yang direncanakan berada dalam persediaan sebagai stok pengaman untuk mengantisipasi fluktuasi dalam ramalan penjualan, pesanan pelanggan dalam waktu singkat, penyerahan *item* untuk pengisian kembali persediaan, dan lain – lain.
5. *Planning horizon* adalah banyaknya waktu ke depan yang tercakup dalam perencanaan.
6. *Gross requirement* adalah total dari semua kebutuhan untuk setiap periode waktu.
7. *Schedule receipts* adalah jumlah dan jadwal kedatangan dari material ataupun *item* yang dipesan.

8. *Project on hand* adalah jumlah persediaan yang dimiliki pada akhir periode sebelumnya.
9. *Projected available* adalah kuantitas yang diharapkan ada dalam inventori pada akhir periode dan tersedia untuk penggunaan dalam periode selanjutnya.
10. *Net requirement* adalah kekurangan material yang diproyeksikan untuk periode ini sehingga perlu dilibatkan dalam perhitungan *planned order receipts*.
11. *Planned order receipts* adalah hasil dari *net requirement* yang telah disesuaikan dengan ukuran *lot* yang telah ditentukan sebelumnya.
12. *Planned order release* adalah hasil dari *planned order receipts* yang telah disesuaikan dengan *lead time*.

2.5.1 Tahapan dalam Pembuatan *Material Requirement Planning*

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan *material requirement planning* (MRP). Berikut adalah tahapan pembuatan *material requirement planning* (MRP) menurut Nasution & Prasetyawan (2008:260):

1. *Netting*, tahapan untuk menghitung jumlah kebutuhan material yang akan direncanakan.
2. *Lotting*, tahapan untuk menentukan ukuran *lot* yang sesuai dengan kebutuhan produksi namun tetap memberikan biaya yang paling minimum.
3. *Offsetting*, tahapan untuk menyesuaikan kebutuhan dengan *lead time* bahan baku yang nantinya akan menjadi dasar penentuan *planned order release*.
4. *Explosion*, tahapan untuk melakukan proses perhitungan kebutuhan kotor untuk tingkat level dibawahnya berdasarkan rencana pemesanan.

2.5.2 Input dalam *Material Requirement Planning*

Dalam proses pembuatan *material requirement planning* (MRP) dibutuhkan beberapa *input* yang akan digunakan sebagai sumber informasi utama, yaitu sebagai berikut (Gasperz, 2008:177):

1. *Master Production Schedule* (MPS)

Suatu pernyataan definitif tentang produk akhir apa yang direncanakan perusahaan untuk diproduksi, berapa kuantitas yang dibutuhkan, pada waktu kapan dibutuhkan, dan bilamana produk itu akan diproduksi.

2. *Bill of Material* (BOM)

Suatu daftar dari semua material, *parts*, dan *subassemblies* serta kuantitas dari masing – masing yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk.

3. *Item Master*

Suatu *file* yang berisi status tentang material, *parts*, *subassemblies* dan produk – produk yang menunjukkan kuantitas *on hand*.

4. Pesanan atau *orders*

Informasi mengenai kuantitas dari setiap *item* yang akan diperoleh sehingga akan meningkatkan *stock – on – hand* di masa yang akan datang. Sistem *material requirement planning* (MRP) pada umumnya menggunakan dua jenis pesanan yaitu *release orders* dan *planned orders*. *Release orders* adalah pesanan yang secara resmi telah dikeluarkan sedangkan *planned orders* adalah pesanan yang masih tersimpan dalam *database* dan belum dikeluarkan secara resmi.

5. Kebutuhan atau *requirements*

Informasi mengenai kuantitas dari masing – masing *item* yang dibutuhkan sehingga akan mengurangi *stock on hand* di masa yang akan datang.

Selain kelima informasi di atas, faktor – faktor perencanaan seperti horizon perencanaan, *length of time buckets*, dan frekuensi perencanaan ulang juga diperlukan untuk mengoperasikan sistem *material requirement planning* (MRP).

2.5.3 Metode *Lot Sizing*

Menentukan teknik *lot sizing* merupakan sebuah elemen penting dalam penerapan sistem *material requirement planning* (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, 2008:268):

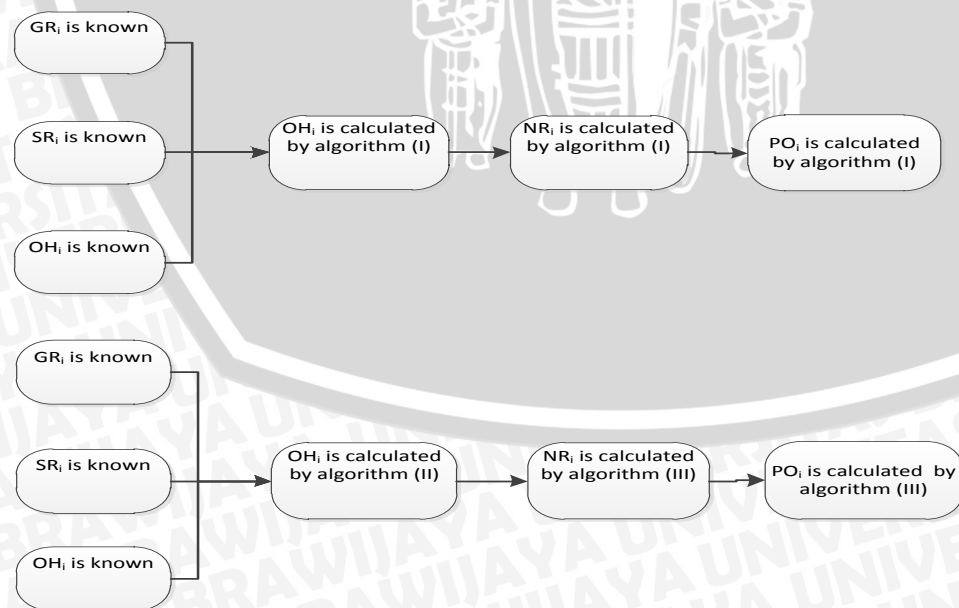
1. Variansi dari kebutuhan, baik dari jumlah maupun periodenya
2. Lamanya horison perencanaan
3. Ukuran periodenya (mingguan, bulanan, dan sebagainya)
4. Perbandingan biaya pesan dari biaya unit

Beberapa pendekatan telah disusun untuk menyelesaikan laju permintaan yang bervariasi. Mulai dari pendekatan sederhana yang mengabaikan variasi dan menerapkan

formula *Economic Order Quantity* (EOQ) dengan laju permintaan rata – rata. *Lot for lot ordering*, pemesanan dengan jumlah tepat di setiap periode.

2.6 CONTINUOUS MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (CMRP)

Continuous Material Requirement Planning (CMRP) adalah sebuah metode yang dapat digunakan untuk sistem produksi kontinu dengan waktu produksi dan pemesanan maupun pendistribusian secara kontinu (Sadhegian, 2011:1). *Material Requirement Planning* (MRP) dikenalkan pada tahun 1970-an yang pada akhirnya banyak peneliti, artikel, buku, industri, perusahaan dan yang berbeda bidang pun mengaplikasikannya. Sebagian ahli yang mempunyai latar belakang di bidang ini menjelaskan bahwa *material requirement planning* (MRP) yang selama ini digunakan digolongkan sebagai *discrete material requirement planning* (DMRP) ketika beberapa permintaan, pemesanan, jadwal produksi terdapat pada waktu yang diskrit. Pada metode *continuous material requirement planning* (CMRP) ini meskipun *gross requirement* (GR), *scheduled receipts* (SR), persediaan *on hand* (OH) dan parameter lainnya diaplikasikan pada bentuk diskrit namun beberapa fungsi kontinu seperti fungsi regresi, interpolasi, ekstrapolasi dapat didefinisikan, yang memungkinkan untuk peneliti melakukan analisis sensitivitas dan peramalan yang disesuaikan dengan parameter – parameter model yang digunakan. Berikut merupakan perbedaan hirarki perhitungan dari *material requirement planning* (MRP) biasa dengan *continuous material requirement planning* (CMRP).



Gambar 2.5 Perbandingan Hirarki Perhitungan

Perbedaan parameter yang tercantum pada Gambar 2.5 adalah pada DMRP satuan waktu yang digunakan adalah semua periode waktu yaitu mingguan atau bulanan, sedangkan pada CMRP satuan waktu yang digunakan adalah waktu kejadian tertentu dan dalam satuan jam untuk perhitungannya. Selain dari satuan waktunya ada batasan yang digunakan dalam penggunaan metode ini yaitu *order type*-nya *lot for lot* dan *safety stock*-nya 0. Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

$GR(t)$: *gross requirement* pada waktu kejadian t ,

$SR(t)$: *scheduled receipts* pada waktu kejadian t ,

$OH(t)$: *on hand inventory* pada waktu kejadian t ,

$NR(t)$: *net requirement* pada waktu kejadian t ,

$PO(t)$: *planned orders* pada waktu kejadian t .

Rumus yang digunakan untuk menentukan beberapa parameter adalah sebagai berikut:

$$OH(t) = \begin{cases} OH(t_0) + \int_{t_0}^t SR(t)dt - \int_{t_0}^t GR(t)dt & t_0 \leq t \leq t_0^* \\ \int_{t_0}^t SR(t)dt - \int_{t_0}^t GR(t)dt & t_1 \leq t \leq t_1^* \\ 0 & \end{cases} \quad (2-12)$$

$$\int_{t_0}^t GR(t)dt = 0 \quad (2-13)$$

$$NR(t) = \begin{cases} 0 & t_1 \leq t \leq t_1^* \\ GR(t) - SR(t) & \end{cases} \quad (2-14)$$

$$PO(t) = NR(t + TT) \quad (2-15)$$

Perhitungan biaya untuk metode *continous material requirement planning* (CMRP) adalah sebagai berikut:

$$TIC = RC + H \int_0^t OH(t)(dt) \quad (2-16)$$

Dimana:

TIC = Total *inventory cost*

R = Jumlah pemesanan

C = Biaya pesan

H = Biaya simpan

t = rentang waktu t

OH = rentang waktu t_1

2.7 REGRESI NON - LINEAR SEDERHANA

Bentuk hubungan yang melibatkan dua atau lebih peubah variabel yang ada atau diduga ada dalam suatu hubungan tertentu maka bentuk hubungan tersebut disebut regresi (Sudjana, 2003:5). Bentuk regresi yang biasa digunakan adalah bentuk regresi linier, namun ketika dalam pengujian regresi linier terdapat koefisien regresi yang ditolak hipotesisnya dengan parameter tertentu maka perlu dicari bentuk regresi non linear. Ada beberapa bentuk regresi non linear, beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Parabola atau polinom pangkat dua

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2 \quad (2-17)$$

2. Parabola kubik atau polinom pangkat tiga

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad (2-18)$$

3. Polinom pangkat k ($k \geq 2$), berbentuk

$$\hat{Y} = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + \dots + a_kX^k \quad (2-19)$$

4. Eksponen

$$\hat{Y} = a + b^X \quad (2-20)$$

5. Eksponen (khusus) atau pertumbuhan

$$\hat{Y} = a + e^{bX} \quad (2-21)$$

6. Geometrik

$$\hat{Y} = a + X^b \quad (2-22)$$

7. Logistik

$$\hat{Y} = a + \frac{1}{ab^X} \quad (2-23)$$

8. Hiperbola

$$\hat{Y} = \frac{a}{bX} \quad (2-24)$$

Bentuk dari regresi polinom pangkat 2 adalah $\hat{Y} = a + bX + cX^2$. Sehingga akan digunakan metode kuadrat terkecil untuk menghitung a, b, dan d. Metode tersebut menggunakan rumus seperti berikut:

$$\sum X = na + b \sum X + c \sum X^2 \quad (2-25)$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2 + c \sum X^3 \quad (2-26)$$

$$\sum X^2Y = a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4 \quad (2-27)$$

2.8 DIFERENSIAL DAN INTEGRAL

Diferensial dan integral merupakan suatu pendekatan matematis pada suatu rumus untuk mendapatkan nilai turunan maupun antiturunannya. Pendekatan ini bisa digunakan untuk mencai nilai optimum dari suatu persamaan dengan menurunkan persamaan yang ada, sedangkan integral atau antiturunan untuk mengetahui fungsi luasan kontinu pada suatu persamaan.

2.8.1 Diferensial

Jika fungsi f adalah fungsi lain f' (dibaca “ f aksen”) yang nilainya pada sebarang bilangan c adalah:

$$f'c = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(c+h) - f(c)}{h} \quad (2-28)$$

Asalkan limit ini ada dan bukan ∞ dan $-\infty$. Jika limit ini memang ada, dikatakan bahwa f terdiferensiasikan di c . Pencarian turunan disebut diferensiasi (Purcell, Varberg, dan Rigdon, 2004:111).

Ada beberapa teorema tentang diferensial antara lain:

1. Jika $f(x) = k$ dengan k suatu konstanta, maka untuk sebarang x , $f'(x) = 0$ yakni

$$D_x(k) = 0 \quad (2-29)$$

2. Jika $f(x) = x$, maka $f'(x) = 1$; yakni

$$D_x(x) = 1 \quad (2-30)$$

3. Jika $f(x) = x^n$, dengan n bilangan bulat positif, maka $f'(x) = nx^{n-1}$; yakni

$$D_x(x^n) = nx^{n-1} \quad (2-31)$$

4. Jika k suatu konstanta dan f suatu fungsi yang terdiferensiasikan, maka $(kf)'(x) = k \cdot f'(x)$; yakni,

$$D_x[k \cdot f(x)] = k \cdot D_x f(x) \quad (2-32)$$

5. Jika f dan g adalah fungsi – fungsi yang terdiferensiasikan, maka $(f + g)'(x) = f'(x) + g'(x)$; yakni,

$$D_x[f(x) + g(x)] = D_x f(x) + D_x g(x) \quad (2-33)$$

6. Jika f dan g adalah fungsi – fungsi yang terdiferensiasikan, maka $(f - g)'(x) = f'(x) - g'(x)$; yakni,

$$D_x[f(x) - g(x)] = D_x f(x) - D_x g(x) \quad (2-34)$$

7. Jika f dan g adalah fungsi – fungsi yang terdiferensiasikan, maka

$$D_x[f(x)g(x)] = f(x)D_x g(x) + g(x)D_x f(x) \quad (2-35)$$

8. Jika f dan g adalah fungsi – fungsi terdiferensiasikan dengan $g(x) \neq 0$. Maka

$$D_x \left(\frac{f(x)}{g(x)} \right) = \frac{g(x)D_x f(x) - f(x)D_x g(x)}{g^2 x} \quad (2-36)$$

2.8.2 Integral

Menurut Purcell (2004:213) matematika mempunyai banyak operasi balikan: penambahan dan pengurangan, perkalian dan pembagian, pemangkatan dan penarikan akar, sedangkan diferensiasi balikkannya disebut antidiferensiasi atau integrasi. Ada beberapa pendapat juga yang menyebutkan istilah integral tak tentu sebagai antiturunan atau integral

Teorema pertama yang dipakai untuk aturan pangkat antiturunan atau integral adalah sebagai berikut:

$$\int x^r dx = \frac{x^{r+1}}{r+1} + C \quad (2-37)$$

Teorema yang kedua yaitu sifat linear dari antiturunan atau integral. Jika f dan g mempunyai antiturunan (integral tak tentu) dan jika k suatu konstanta. Maka:

$$(i) \quad \int kf(x)dx = k \int f(x)dx; \quad (2-38)$$

$$(ii) \quad \int [f(x) + g(x)]dx = \int f(x)dx + \int g(x)dx; \quad (2-39)$$

$$(iii) \quad \int [f(x) - g(x)]dx = \int f(x)dx - \int g(x)dx. \quad (2-40)$$

Setelah integral tak tentu, kemudian ada istilah integral tentu definisi modern dari integral tentu adalah sebuah fungsi f yang didefinisikan pada selang tutup $[a,b]$. Jika f terintegralkan pada sebuah selang yang mengandung titik – titik a , b , dan c , maka:

$$\int_a^c f(x)dx = \int_a^b f(x)dx + \int_b^c f(x)dx \quad (2-41)$$

Ada juga teorema linear untuk integral tentu, jika f dan g terintegralkan pada $[a,b]$ dan k konstanta. Maka kf dan $f + g$ terintegralkan dan:

$$(i) \quad \int_a^b kf(x)dx = k \int_a^b f(x)dx \quad (2-42)$$

$$(ii) \quad \int_a^b [f(x) + g(x)]dx = \int_a^b f(x)dx + \int_a^b g(x)dx \quad (2-43)$$

$$(iii) \quad \int_a^b [f(x) - g(x)]dx = \int_a^b f(x)dx - \int_a^b g(x)dx \quad (2-44)$$

Jika f kontinu (dan terintegralkan) pada selang $[a,b]$, dan jika F sebarang antiturunan f pada $[a,b]$ jadi:

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a) \quad (2-45)$$

Dan jika f kontinu pada $[a,b]$, maka terdapat suatu bilangan c antara a dan b sedemikian rupa atau bisa disebut integral rata - rata sehingga:

$$\int_a^b f(t)dt = \frac{\int_a^b f(x)dx}{(b-a)} \quad (2-46)$$

2.8.2.1 Konvolusi Integral

Konvolusi untuk fungsi $\int f(x)dx$ dan $\int g(x)dx$ didefinisikan sebagai:

$$f * g = \int_{-\infty}^{\infty} f(u)g(x-u)du \quad (2-47)$$

Sebuah teorema penting, sering disebut sebagai teorema konvolusi, menyatakan bahwa transformasi Fourier dari konvolusi untuk $f(x)$ dan $g(x)$ sama dengan perkalian dari transformasi Fourier untuk $f(x)$ dan $g(x)$ (Spiegel, 1974:84). Dengan simbol ditulis sebagai berikut:

$$F\{f * g\} = F\{f\}F\{g\} \quad (2-48)$$

Konvolusi ini mempunyai sifat – sifat penting yang lain. Misalnya, apabila diberikan fungsi – fungsi f, g, h , maka:

$$f * g = g * f, f * (g * h) = (f * g) * h, f * (g + h) = f * g + f * h \quad (2-49)$$

Yaitu konvolusi mengikuti hukum – hukum aljabar tentang komutatif, asosiatif, dan distributif.