

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Muthoharoh, F.R., (2013) meneliti tentang evaluasi harga pokok produksi dengan metode peramalan untuk mengurangi *bullwhip effect*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis perbandingan harga pokok produksi menggunakan data aktual dengan peramalan, selanjutnya peneliti mencoba untuk mengidentifikasi dan mengurangi nilai *bullwhip effect* dengan membandingkan koefisien variansi penjualan aktual dan ramalan permintaan. Metode peramalan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *double moving average*, sedangkan untuk menghitung harga pokok produksi peneliti menggunakan software microsoft excel. Hasil dari penelitian tersebut adalah harga pokok produksi menggunakan data peramalan menunjukkan nilai yang lebih rendah dari pada harga pokok produksi menggunakan data aktual. Kemudian untuk hasil perhitungan nilai *bullwhip effect* dengan membandingkan variansi data aktual dan variansi data peramalan diperoleh hasil nilai *bullwhip effect* untuk semua produk lebih rendah dari 1 dimana besarnya nilai *bullwhip effect* < 1 menandakan permintaan masih stabil.

Arina dan Lukmandono (2017) telah melakukan penelitian tentang penerapan metode *model autoregressive integrated moving average* guna mengurangi terjadinya *bullwhip effect* pada *supply chain*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengatasi masalah terjadinya *bullwhip effect* pada *supply chain*. Dengan pendekatan model *autoregressive integrated moving average* sebagai salah satu metode untuk mengurangi nilai *bullwhip effect*. Hasil dari penelitian tersebut adalah dengan pendekatan model *autoregressive integrated moving average* diperoleh hasil dari peramalan selama 36 periode, dari hasil peramalan tersebut menunjukkan adanya penurunan nilai *bullwhip effect* pada perusahaan, untuk tahun 2014 dan tahun 2015. Penurunan nilai *bullwhip effect* terbesar

terjadi pada tahun 2015 dengan tingkat penurunannya mencapai 10,68%. Dimana nilai *bullwhip effect* > 1 dapat diartikan bahwa terjadi amplifikasi permintaan, sedangkan nilai *bullwhip effect* < 1 dapat diartikan bahwa permintaan masih stabil atau terjadi penghalusan pola permintaan.

Ismail & Cyrilla (2015) melakukan penelitian untuk menganalisa *bullwhip effect* yang terjadi pada semua produk yang dikirimkan kepada retailer – retailer PT. Madubaru Yogyakarta dan mengoptimalkan biaya persediaan dengan menggunakan metode *continuous review*. Produk dari PT. Madubaru adalah gula dengan berbagai jenis kemasan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hampir di semua produk yang dikirimkan kepada retailer mengalami *bullwhip effect* karena memiliki nilai variasi permintaan lebih dari nilai *lead time*, dimana nilai untuk *lead time* = 1,005. Dengan menggunakan metode *continuous review* optimalisasi biaya persediaan dapat dilakukan untuk semua produk.

Penelitian selanjutnya adalah dari Verawaty et al. (2015) yang melakukan penelitian untuk merencanakan kebijakan persediaan obat dengan menggunakan metode probabilistik *continuous review* pada bagian instalasi farmasi Rumah Sakit AMC. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa dalam melakukan pengendalian persediaan obat, rumah sakit AMC belum melakukan pengklasifikasian obat berdasarkan nilai penyerapan dana dan tingkat kekritisan obat serta melakukan pemesanan obat tanpa memperhatikan jumlah persediaan obat yang ada sehingga rumah sakit mengalami *overstock* dan menyebabkan total biaya persediaan yang dikeluarkan tinggi. Dengan menggunakan metode probabilistik *continuous review* (s,s) System penelitian tersebut berhasil menyusutkan biaya persediaan, dapat diketahui dari hasil perhitungan total biaya persediaan obat yang dihasilkan sebesar Rp 226.160.240 dan mengalami penghematan sebesar Rp 164.400.215 atau 42,09% dari kondisi aktual.

Selanjutnya penelitian dari Sari et al. (2013) yang meneliti mengenai analisis *bullwhip effect* yang terjadi pada produk LL-SR di PT. PT. Lotte Chemical Titan Nusantara. Nilai *Bullwhip Effect* yang di analisa yaitu antara Supplier, PPIC (manufaktur) dan Distributor. Untuk mengidentifikasi penyebab utama *Bullwhip Effect*, peneliti menggunakan *cause effect*. Selanjutnya, untuk menghasilkan nilai *Bullwhip Effect* = 1, maka dilakukan simulasi diskret menggunakan Ms. Excel dan mengadakan kerja sama

dengan supplier dan distributor dalam satu periode. Faktor dominan penyebab *Bullwhip Effect* pada produk LL-SR yaitu *Price Fluctuation* dan *rationing and shortage gaming*. Usulan perbaikan order dan demand pada produk LL-SR dengan simulasi diskret menggunakan MS. Excel yaitu mengurangi nilai *Bullwhip effect* pada tiap eselon.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Suseno & Ikatrinasari (2015) yang berusaha untuk mengendalikan persediaan secara optimal dengan metode *Distribusi Resource Planning (DRP)* dan melakukan pengukuran nilai *bullwhip effect*. Sampel penelitian adalah dua cabang utama dari 56 cabang PT. MNJ, dengan dua produk utama yaitu Paramex dan Konicare 125 ml. Penelitian ini menghitung dan menentukan rencana penjualan dengan menggunakan empat metode peramalan eksponensial. Selanjutnya, dilakukan perencanaan persediaan dengan metode DRP untuk menghasilkan kapan dan berapa banyak barang yang didistribusi ke cabang penjualan dengan biaya terendah. Penelitian ini juga membahas hasil perhitungan *bullwhip effect* selama 3 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan DRP dapat menurunkan nilai *bullwhip effect* baik untuk cabang Jakarta maupun Solo.

Lestari et al. (2017) melakukan penelitian untuk menunjukkan pengaruh penentuan jumlah pemesanan terhadap *bullwhip effect* dengan menggunakan metode *Silver Meal* dan *Lot For Lot*. Penelitian tersebut dilakukan dengan membandingkan metode *Silver Meal* dan metode *Lot For Lot* terhadap *bullwhip effect* yang terjadi pada pembeli dan penjual dalam rantai pasok. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode yang lebih baik digunakan adalah kombinasi *Silver Meal – Lot For Lot*, dimana pembeli lebih baik menggunakan metode *Silver Meal* sedangkan penjual lebih baik menggunakan metode *Lot For Lot*. Kombinasi ini dipilih agar dapat mengurangi pengaruh *Bullwhip effect* dimana rata-rata permintaan dan variasi permintaan kombinasi metode ini memiliki nilai yang hampir sama dan tidak terjadi perubahan dari pembeli ke penjual.

Dewi & Garside (2015) meneliti mengenai penerapan vendor managed inventory berdampak pada sistem komunikasi yang lebih aktif sehingga dapat mengatasi distorsi informasi yang terjadi. Data permintaan juga lebih transparan sehingga semua eselon

(dari hilir ke hulu) mengetahui permintaan konsumen yang sebenarnya. Dengan data yang transparan, ramalan permintaan bisa dibuat lebih seragam sehingga tidak terjadi variabilitas permintaan di lini *supply chain*. Selain peramalan yang lebih seragam, keputusan stok juga lebih akurat dan pengadaan bahan baku bisa dilakukan dengan tepat waktu.

Dari berbagai penelitian yang telah disebutkan diatas mengenai penelitian tentang *bullwhip effect* dan juga pengurangan nilai *bullwhip effect* dengan pendekatan metode peramalan *Exponential Smoothing*. Hampir semua penelitian yang telah dilakukan sebelumnya meneliti mengenai *bullwhip effect* dan pengurangan nilai *bullwhip effect* dengan pendekatan metode peramalan *Exponential Smoothing* secara terpisah. Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya diantaranya adalah objek penelitian, input dan juga metode penelitian. Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah permintaan dan penjualan roti pada salah satu level di *supply chain* manajemen yakni di level distributor. Dengan CV. Mitra Jogja Karya Persada bertindak sebagai distributor. Input yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan data kuantitatif permintaan dan penjualan roti CV. Mitra Jogja Karya Persada pada periode tertentu. Dari data tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan mengenai nilai *bullwhip effect* yang terjadi, dan mengurangi nilai *bullwhip effect* dengan menggunakan pendekatan 3 metode peramalan *Exponential Smoothing*.

2.2. Supply Chain Management

Supply Chain Management adalah suatu system dengan pengelolaan berbagai kegiatan dalam rangka memperoleh bahan mentah, dilanjutkan kegiatan transformasi sehingga menjadi produk dalam proses, kemudian menjadi produk jadi dan diteruskan dengan pengiriman kepada konsumen melalui sistem distribusi. Berbagai kegiatan yang dilakukan antara lain pembelian secara tradisional dan berbagai kegiatan penting lainnya yang berhubungan dengan supplier dan distributor. Berdasarkan hal tersebut *Supply Chain Management* antara lain meliputi penetapan: pengangkutan, pembayaran secara tunai atau kredit (proses transfer), *supplier*, distributor dan pihak yang membantu transaksi seperti Bank, hutang maupun piutang, pergudangan, pemenuhan pemesanan, informasi mengenai ramalan permintaan, produksi maupun pengendalian persediaan.

Menurut Parwati & Prima (2009) secara umum *Supply Chain Management* merupakan suatu system tempat perusahaan menyalurkan barang hasil produksi dan jasanya pada pelanggan. System tersebut mempunyai tujuan yang sama yaitu sebaik mungkin menyelenggarakan pengadaan dan penyaluran produk dan jucu rantai tersebut merupakan jaringan dari berbagai bagian yang saling berhubungan.

Persamaan manajemen *supply chain* dengan manajemen logistik yaitu keduanya menyangkut arus pengelolaan barang atau jasa, keduanya menyangkut pengelolaan tentang pembelian, pergerakan, pengangkutan, administrasi, dan penyaluran produk dan keduanya menyangkut usaha peningkata efisiensi dan efektifitas pengelolaan barang. Fungsi *Supply Chain Management* pada hakikatnya ada dua *fungsi Supply Chain Management*, yaitu: *Supply Chain Management* secara fisik mengkonversikan bahan baku dan menghantarkannya pada konsumen akhir. Fungsi ini berkaitan dengan biaya fisik yaitu : material, biaya penyimpanan, biaya produksi, biaya transportasi dan lain - lain. *Supply Chain* sebagai media pasar, berkaitan dengan biaya – biaya survey pasar, perancangan produk serta biaya - biaya akibat tidak terpenuhinya asparasi konsumen akan produk yang tersedia. Keuntungan *supply chain management* adalah mengurangi inventory barang sehingga mengurangi biaya simpan, menjamin kelancaran arus barang dan menjamin mutu (Wijiningsih et.al, 2014).

Untuk mencapai efisiensi *supply chain* diperlukan 3 aspek yang merupakan kunci dari manajemen *supply chain* yaitu sebagai berikut: mengatur aliran fisik material, mengatur aliran informasi dan mengatur struktur organisasi dari kegiatan *supply chain*. Informasi tentang ketersediaan kapasitas produksi yang dimiliki oleh *supplier* juga sering dibutuhkan oleh pabrik. Informasi tentang status pengiriman bahan baku sering dibutuhkan oleh perusahaan yang mengirim maupun yang akan menerima. *Supply Chain Management* juga bisa diartikan suatu proses terintegrasi yang terdiri dari sejumlah *entity*, diantaranya *suppliers*, *manufactures*, *warehouses*, dan *retailers*, yang bekerja secara bersama-sama merubah bahan baku menjadi produk atau jasa yang disampaikan kepada *customer*.

2.3. *Bullwhip Effect*

Bullwhip effect didefinisikan sebagai peningkatan variabilitas permintaan di setiap tahap pada *supply chain*. *Bullwhip effect* juga merupakan istilah yang digunakan dalam dunia *inventory* yang mendefinisikan bagaimana pergerakan permintaan dalam *supply chain*. Konsepnya adalah suatu keadaan yang terjadi dalam *supply chain*, dimana permintaan dari *customer* mengalami perubahan, baik semakin banyak atau semakin sedikit, perubahan ini menyebabkan distorsi permintaan dari setiap *stage supply chain*. Distorsi tersebut menimbulkan efek bagi keseluruhan *stage supply chain* yaitu permintaan yang tidak akurat. Istilah *Bullwhip Effect* pertama kali digunakan oleh eksekutif Procter & Gamble (P & G) ketika mengalami amplifikasi permintaan yang meluas untuk produknya ‘pampers’. *Bullwhip Effect* didefinisikan sebagai peningkatan variabilitas permintaan disetiap tahap *Supply Chain*. Analisis *Bullwhip Effect* sangat penting bagi manufaktur, distributor, *retailer*, karena kebutuhan setiap fasilitas untuk meningkatkan *safety stock* pada pesanan untuk memberikan *service level* dan peningkatan biaya menjadi penting apa bila terlalu banyak menyimpan barang serta tidak efisiennya penggunaan sumber daya, tenaga kerja dan transportasi.

2.3.1. Penyebab *Bullwhip Effect*

Bullwhip effect mengakibatkan banyak *inefisiensi* pada *supply chain*. Misalnya pabrik memproduksi dan mengirim lebih banyak dari yang sesungguhnya dibutuhkan akibat salah membaca *signal* permintaan dari pemain bagian hilir *supply chain*. Kegiatan dari pabrik dan pemasok lebih fluktuatif sehingga sering lembur menghadapi pesanan yang berlebih atau mengganggu karena distributor/ritel tidak memesan dalam waktu yang relatif panjang akibat melakukan *forward buying*. Efek dari kondisi ini adalah semakin tidak akuratnya data permintaan. Menurut Krajewski dan Ritzman (1997) dalam Ismail & Cyrilla (2015), penyebab dari *bullwhip effect* ini ada empat yaitu sebagai berikut:

1. Pembaharuan Peramalan permintaan

Peramalan ini diperlukan untuk membuat keputusan jangka panjang, jangka menengah maupun jangka pendek. Tingkat akurasi ramalan biasanya meningkat semakin mendekati periode yang diramalkan karena informasi seperti *order* dari pelanggan, situasi pasar,

dan sebagainya menjadi semakin jelas. Untuk mengakomodasikan informasi dan pengetahuan terbaru ke dalam ramalan, setiap saat perusahaan harus melakukan pembaharuan (*updating*) terhadap peramalan tersebut.

2. *Order batching*

Order batching adalah menumpuknya sejumlah order yang jumlahnya relatif kecil, kemudian setelah beberapa waktu sekumpulan *order* tersebut diberikan kepada pemasoknya. *Order batching* diperlukan karena proses produksi dan pengiriman tidak akan ekonomis bisa dilakukan dalam ukuran kecil. Hal ini karena ukuran pesanan yang terlalu kecil akan mengakibatkan biaya pemesanan yang besar. Padahal semakin besar biaya pemesanan maka semakin besar pula ukuran pesanan yang ekonomis.

3. Fluktuasi harga

Fluktuasi harga biasanya terjadi karena adanya kondisi tertentu misalnya pemberian diskon. Jika harga lain murah, pembeli akan membeli dengan jumlah besar sampai menumpuk *stock*. Ketika harga naik maka perusahaan akan menunda pembelian kembali sampai barang stoknya habis terjual kembali. Akibatnya timbul permintaan yang tidak stabil bahkan cenderung meningkat namun tidak seimbang karena program diskon hanya berlaku sesaat. Variasi dari pembelian lebih besar dari variasi *consumsion rate* sehingga ini menimbulkan *bullwhip effect*.

4. *Rationing and stortage gaming*

Jika permintaan melebihi *supply* yang ada, maka permintaan tersebut akan dijatah dengan perbandingan yang sama dengan jumlah produk yang dipesan. Untuk mengatasi hal ini maka konsumen akan melebih-lebihkan permintaan yang dipesan. Jika permintaan berkurang, maka terjadilah pembatalan pesanan. Hal ini sering disebut dengan *phantom order*. Cara ini dapat merusak informasi pasar pada *supply chain*. Pemain yang ada di bagian hulu tidak akan pernah mendapatkan informasi pasar yang mendekati kenyataan akibat motif *gaming* dan *spekulatif* yang dilakukan oleh pelanggan. Pabrik dan pemain hulu lainnya tidak akan dengan mudah membedakan antara kenaikan pesanan yang bermotif *spekulatif* dan peningkatan pesanan yang murni merefleksikan peningkatan permintaan dari pelanggan akhir.

2.3.2. Cara mengurangi *Bullwhip Effect*

Bullwhip effect bisa dikurangi dengan mengerti terlebih dahulu sebabnya. Teknik atau cara pendekatan yang bisa digunakan untuk mengurangi *bullwhip effect* tentunya harus berkorespondensi dengan penyebabnya. Adapun pendekatan-pendekatan yang diyakini dapat mengurangi *bullwhip effect* antara lain sebagai berikut:

1. *Information sharing*

Informasi yang tidak transparan mengakibatkan banyak pihak pada *supply chain* melakukan kegiatan atas dasar ramalan atau tebakan yang tidak akurat. Hal ini terjadi karena masing-masing *supply chain* baik pusat distribusi, pabrik, pemasok, ritel maupun toko tidak menyampaikan informasi secara jelas. Akibatnya terjadi kesalahan pola permintaan pada masing-masing *supply chain* sehingga menyebabkan terjadinya *bullwhip effect*.

2. Pemendekan *lead time*

Lead time mempunyai peranan yang penting dalam menciptakan *amplifikasi* permintaan yang berhubungan dengan *bullwhip effect*. Hal ini menunjukkan bahwa *bullwhip effect* dapat dikurangi dengan melakukan pemendekan *lead time*. *Lead time* bisa diperpendek dengan mengubah struktur atau konfigurasi *supply chain* (misalnya dengan menggunakan pemasok lokal), mengubah model transportasi, perbaikan manajemen penanganan *order*, penjadwalan produksi maupun pengiriman yang lebih baik.

3. Memperpendek atau mengubah struktur *supply chain*

Semakin panjang dan kompleks struktur *supply chain* maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya *distorsi* informasi. Oleh karena itu cara yang baik untuk mengurangi *bullwhip effect* adalah dengan mengubah struktur *supply chain* sehingga menjadi lebih pendek atau memungkinkan terjadinya pertukaran informasi menjadi lebih lancar.

4. Menciptakan stabilitas harga

Pemberian potongan harga oleh penyalur ke toko-toko atau ritel bisa mengakibatkan reaksi *forward buying* yang sebetulnya tidak berpengaruh pada permintaan dari

pelanggan akhir. Untuk menghindari reaksi *forward buying*, frekuensi dan intensitas kegiatan promosi parsial seperti ini harus dikurangi dan lebih diarahkan ke pengurangan harga secara kontinyu sehingga bisa menciptakan program seperti *every day low Price* (EDLP).

5. Mengurangi ongkos-ongkos tetap untuk kegiatan produksi maupun pengiriman. Biaya-biaya tetap yang terlalu tinggi mengakibatkan kegiatan produksi maupun pengiriman yang kecil tidak bisa dilakukan dengan *batch* yang kecil sehingga dapat menyebabkan *bullwhip effect*. Salah satu cara untuk melakukan pengiriman dan produksi dalam *batch* kecil adalah dengan mengurangi waktu *set up* produksi dengan memberikan kepercayaan pada operator untuk secara tekun mencoba-coba cara *set up*.

2.3.3. Mengukur Bullwhip Effect

Untuk mengontrol tingkat *bullwhip effect* terlebih dahulu harus menentukan *bullwhip effect* yang akan digunakan untuk mengukur peningkatan variabilitas yang terjadi pada setiap *stage* pada *supply chain*. Hal itu tidak hanya berguna untuk menunjukkan besarnya peningkatan variabilitas tetapi juga untuk memperlihatkan hubungan antara teknik *forecasting*, *lead time*, dan peningkatan variabilitas. Pada setiap periode retailer memperhitungkan rata-rata dan standar deviasi yang baru berdasarkan pada evaluasi permintaan terbaru. Menurut Ismail & Cyrilla (2015) rumus yang digunakan untuk mengukur nilai *bullwhip effect* adalah sebagai berikut:

$$\omega = \frac{C_{out}}{C_{in}} \quad (2-1)$$

$$C_{in} = \frac{\sigma(D_{in})}{\mu(D_{in})} \quad (2-2)$$

$$C_{out} = \frac{\sigma(D_{out})}{\mu(D_{out})} \quad (2-3)$$

Paramater Bullwhip Effect

$$\omega > 1 + \frac{2L}{P} + \frac{2L^2}{P^2} \quad (2-4)$$

Dimana:

ω	: Koefisien variabilitas (nilai <i>bullwhip effect</i>)
σ	: standar deviasi
D_{in}	: Total permintaan
D_{out}	: Total penjualan
$C_{out} : \text{Var} (Q)$: Variabilitas penjualan
$C_{in} : \text{Var} (D)$: Variabilitas permintaa
L	: Lead time
P	: Periode pengamatan

2.4. Forecasting

Pengetian peramalan adalah memperkirakan kejadian masa mendatang menggunakan input atau informasi berupa data kejadian masa lalu. Input yang digunakan dalam peramalan bisa dalam bentuk perhitungan atau perkiraan dari data sebelumnya dan informasi yang lainnya untuk perkiraan. Permalan (*Forecasting*) selalu dilakukan untuk pendugaan permintaan yang juga merupakan alat bantu demi terbentuknya perencanaan yang efektif dan efisien. Peramalan merupakan prediksi, proyeksi atau estimasi tingkat kejadian yang tidak pasti dimasa yang akan datang. Ketepatan secara mutlak tidak mungkin dicapai, oleh karena itu ketika perusahaan tidak dapat melihat kejadian yang akan datang secara pasti, diperlukan waktu dan tenaga yang besar agar dapat memiliki kekuatan untuk menarik kesimpulan terhadap kejadian yang akan datang (Yamit, 2001).

Terdapat pendekatan umum yang digunakan dalam peramalan, (Barry, 2001) yaitu:

1. Metode Kualitatif

Metode ini dapat diterapkan bila tersedia informasi mengenai data masa lalu, informasi dapat dihitung dalam bentuk angka, dan berlaku asumsi beberapa aspek pola masa lalu yang akan berlanjut.

2. Metode Kuantitatif

Metode kuantitatif lebih jauh lagi dapat dibagi menjadi dua yaitu:

3. Prakiraan deret waktu (*time series*) merupakan prakiraan dimasa yang akan datang. Prakiraan ini menggunakan input data yang lalu dari suatu variabel untuk memprediksi masa depan.
4. Sebab akibat, bertujuan untuk menemukan bentuk hubungan dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari *dependent variable*. Metode kuantitatif terdiri dari metode *double Moving Average*, *triple exponential smoothing*, *regresi linier*, dan *double exponential smoothing* dua parameter.

2.5. Pola Data

Pola data yang umum terbentuk adalah (Lili, 2011):

1. Pola Horizontal (H)

Pola horizontal atau stationer terjadi bilamana data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini.

2. *Trend*/Kecenderungan (T)

Trend merupakan sifat dari permintaan di masa lalu terhadap waktu terjadinya, apakah permintaan tersebut cenderung naik, turun, atau konstan.

3. *Cycle*/Siklus (C)

Permintaan suatu produk dapat memiliki siklus yang berulang secara periodik, biasanya lebih dari satu tahun, sehingga pola ini tidak perlu dimasukkan dalam peramalan jangka menengah dan jangka panjang.

4. *Season*/Pola Musiman (S)

Fluktuasi permintaan suatu produk dapat naik turun di sekitar garis *trend* dan biasanya berulang setiap tahun. Pola ini biasanya disebabkan oleh faktor cuaca, musim libur panjang, dan hari raya keagamaan yang akan berulang secara periodik setiap tahunnya.

5. *Random*/Variasi Acak (R)

Permintaan suatu produk dapat mengikuti pola bervariasi secara acak karena faktor-faktor adanya bencana alam, bangkrutnya perusahaan pesaing, promosi khusus, dan kejadian-kejadian lain yang tidak mempunyai pola tertentu. Variasi

Pada rumus (2-5), nilai penghalusan yang ke-t memerlukan data permintaan yang ke-t, nilai penghalusan periode sebelumnya dan nilai trend sebelumnya. Setelah diketahui nilai penghalusan yang ke-t, maka bisa didapat nilai trend yang ke-t (rumus (2-6)). Ramalan level dan estimasi trend nya sudah didapat, kemudian bisa mengetahui peramalan permintaan yang sesungguhnya di periode p di masa mendatang dengan rumus sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t \dots \dots \dots (2-7)$$

Keterangan:

L_t = estimasi level (nilai penghalusan baru)

Y_t = permintaan di periode t

T_t = estimasi trend untuk periode t

\hat{Y}_{t+p} = ramalan untuk periode p di masa mendatang

p = jumlah periode untuk ramalan di masa mendatang

α = faktor bobot penghalusan untuk level ($0 < \alpha < 1$)

β = faktor bobot penghalusan untuk trend ($0 < \beta < 1$)

2. *Double exponential smoothing*

Prosedur peramalan dengan Double Moving Average meliputi:

- Penggunaan rata-rata bergerak tunggal pada waktu t (ditulis S'_t),
- Penggunaan rata-rata bergerak ganda pada waktu t (ditulis S''_t),
- Selisih antara rata-rata bergerak tunggal dan ganda pada waktu t (ditulis $S'_t - S''_t$),
- Kecenderungan dari periode t ke periode t+1 menyesuaikan.

Prosedur Double Moving Average secara umum dapat dijelaskan melalui persamaan berikut (Makridakis, Spyros & Whelwright., 1980)

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (2-8)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2-9)$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t \tag{2-10}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} + (S'_t - S''_t) \tag{2-11}$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \tag{2-12}$$

Keterangan :

X_t : nilai aktual pada periode akhir t

α : parameter penghalusan untuk data ($0 < \alpha < 1$)

S'_t : nilai pemulusan eksponensial tunggal

S''_t : nilai pemulusan eksponensial ganda

a_t : penghalusan keseluruhan

b_t : penghalusan *trend*

F_{t+m} : ramalan untuk m periode ke depan dari t

3. Triple Exponential smoothing (Winter-Holt Model)

Metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya trend dan perilaku musiman (Makridakis, Spyros & Whelwright., 1980). Tergantung pada tipe musimannya yaitu *Multiplicative seasonal model* dan *Additive seasonal model*, memilih *multiplicative model* ketika pola musiman dalam data tergantung pada ukuran data. Dengan kata lain, besarnya pola musiman meningkat ketika pola data naik dan menurun ketika pola data menurun. Memilih *additive model* ketika pola musiman dalam data tidak tergantung pada ukuran data. Rumus yang digunakan untuk *triple exponential smoothing* adalah:

a. Holt – Winters Additive

Penghalusan eksponensial *Holt Winters* dengan metode *additive* :

$$S_t = \alpha (X_t - I_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \dots \dots \dots \tag{2-13}$$

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \dots \dots \dots \tag{2-14}$$

$$I_t = \gamma(X_t - S_t) + (1 - \gamma) I_{t-L} \dots \dots \dots \tag{2-15}$$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m + I_{t-L+m} \dots \dots \dots (2-16)$$

b. *Holt – Winters Multiplicative*

Penghalusan eksponensial *Holt Winters* dengan metode *multiplicative* :

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \dots \dots \dots (2-17)$$

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \dots \dots \dots (2-18)$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma) I_{t-L} \dots \dots \dots (2-19)$$

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m) I_{t-L+m} \dots \dots \dots (2-20)$$

Dimana :

X_t : nilai aktual pada periode akhir t

α : parameter penghalusan untuk data ($0 < \alpha < 1$)

γ : parameter penghalusan untuk trend ($0 < \gamma < 1$)

β : parameter penghalusan untuk musiman ($0 < \beta < 1$)

I : faktor penyesuaian musiman

L : panjang musim

S_t : penghalusan keseluruhan

b_t : penghalusan *trend*

I_t : penghalusan musiman

F_{t+m} : ramalan untuk m periode ke depan dari t .

2.7. Ukuran Akurasi Peramalan

Ukuran akurasi dari hasil peramalan merupakan ukuran tentang tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya terjadi. Terdapat empat ukuran yang biasa digunakan, (Baroto, 2002) yaitu :

1. Rata-Rata Deviasi Mutlak (*Mean Absolute Deviation = MAD*)

MAD merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibanding kenyataannya. Secara matematis, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MAD = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right| \dots \dots \dots (2.21)$$

dimana:

A_t : Permintaan aktual pada periode-t

F_t : Peramalan permintaan (*forecast*) pada periode-t

n : Jumlah periode peramalan yang terlibat

2. Rata-Rata Kuadrat Kesalahan (*Mean Square Error = MSE*)

MSE dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode ramalan. *MSE* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \dots \dots \dots (2.22)$$

3. Rata-Rata Persentase Kesalahan Absolut (*Mean Absolute Percentage Error = MAPE*)

MAPE menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah. *MAPE* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{100 \sum_{i=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t}}{n} \dots \dots \dots (2.23)$$