

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Sistem

Sistem merupakan suatu kesatuan dimana terdiri dari elemen atau komponen yang dihubungkan secara bersamaan supaya dapat memudahkan *transfer* materi, energy atau informasi. Sistem dikenal sebagai kesatuan bagian yang memiliki keterhubungan antara satu dengan lainnya dan mempunyai item-item penggerak. Semisal sistem pemerintahan Indonesia dan sistem ekskresi manusia serta sistem computer.

Terdapat beberapa teori yang mendefinisikan sistem yang dikemukakan oleh para ahli, diantaranya adalah :

- a. Mulyadi, (2001) menyatakan bahwa: “Suatu sistem pada dasarnya adalah sekelompok unsur yang erat hubungannya satu dengan yang lainnya, yang berfungsi bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu”.
- b. Sistem menurut Krismiaji, (2010) merupakan “rangkaiian komponen yang dikoordinasikan untuk mencapai serangkaian tujuan, didengar atau dirasakan, proses, kegiatan untuk mengkoordinasi komponen yang terlibat dalam sebuah sistem; tujuan, sasaran akhir yang ingin dicapai dari kegiatan koordinasi komponen tersebut”.

Dari kedua definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem merupakan suatu komponen-komponen yang saling berhubungan dan berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu.

2.2 Permintaan

Permintaan adalah sejumlah barang yang dibeli atau diminta pada suatu harga dan waktu tertentu. Permintaan berkaitan dengan keinginan kosumen akan suatu barang dan jasa yang ingin dipenuhi. Dan kecenderungan permintaan kosumen akan barang dan jasa tak terbatas.

2.2.1 Definisi Permintaan

Beberapa ahli menjelaskan permintaan sebagai berikut :

- a. Permintaan merupakan hubungan antara jumlah permintaan dengan harga. (Sadono, 2009)
- b. Permintaan menunjukkan tingkat permintaan akan suatu barang atau jasa dari konsumen. (Sumar'in, 2013)
- c. Permintaan menunjukkan hubungan antara jumlah barang yang diminta konsumen dengan harga barang. (Yoopi, 2012)
- d. Permintaan adalah banyaknya jumlah barang yang diminta pada suatu pasar tertentu dengan tingkat harga tertentu pada tingkat pendapatan tertentu pada periode tertentu. (Muhammad, 2005)
- e. Permintaan adalah hubungan antara jumlah yang diminta dengan harga. (Sugarto.dkk, 2010)

Berdasarkan beberapa definisi diatas maka dapat disimpulkan permintaan merupakan hubungan antara jumlah barang dan jasa yang diminta pada pasar tertentu pada tingkat harga tertentu dalam periode waktu tertentu.

2.2.2 Hukum Permintaan

Sifat hubungan antara jumlah barang yang diminta dapat dijelaskan melalui hukum permintaan. Hukum permintaan merupakan suatu hipotesis yang menyatakan makin rendah harga suatu komoditas maka akan semakin banyak jumlah komoditas yang diminta, sebaliknya makin tinggi harga suatu komoditas maka akan semakin sedikit jumlah komoditas yang diminta (dengan asumsi faktor lain *konstan* atau *ceteris paribus*). (Sugarto.dkk, 2010)

Berdasarkan hukum permintaan dapat disimpulkan bahwa sifat hubungan yang terjadi antara jumlah komoditas yang diminta dengan harga adalah hubungan terbalik. (Sadono, 2009) Artinya ketika salah satu variable naik maka variable lainnya akan mengalami penurunan. Sifat hubungan ini terjadi karena ketika harga komoditas naik maka konsumen akan mengurangi pembelian dan berpindah membeli komoditas pengganti, sebaliknya jika harga komoditas turun maka pembeli akan mengurangi pembelian komoditas pengganti dan akan menambah pembelian terhadap komoditas yang mengalami penurunan harga. Alasan lainnya adalah kenaikan harga suatu komoditas yang tidak diikuti dengan kenaikan pendapatan konsumen akan mengurangi daya beli konsumen yang pada akhirnya

akan membuat konsumen mengurangi pembelian terhadap komoditas yang mengalami kenaikan harga.

2.2.3 Faktor Penentu Permintaan

Harga komoditas menjadi faktor utama dalam menentukan banyak sedikitnya jumlah komoditas yang diminta, namun harga komoditas bukanlah satu-satunya faktor yang dapat memengaruhi permintaan, masih banyak faktor lain yang dapat memengaruhi naik turunnya permintaan atas suatu komoditas, yaitu : (Yoopi, 2012)

a. Pendapatan Konsumen

Perubahan pendapatan konsumen akan berdampak terhadap jumlah komoditas yang diminta dengan asumsi faktor lain *ceteris paribus*. Untuk komoditas normal, kenaikan pendapatan konsumen akan mendorong kenaikan jumlah komoditas yang diminta. Sedangkan untuk komoditas inferior, kenaikan pendapatan konsumen akan mendorong penurunan jumlah komoditas yang diminta dengan asumsi faktor lain *ceteris paribus*.

b. Harga Komoditas Terkait

Komoditas dan konsumen terkait dalam dua bentuk yaitu komoditas substitusi dan komoditas komplementer. Kenaikan harga komoditas tertentu akan mendorong naiknya jumlah komoditas substitusi yang diminta. Sebaliknya penurunan harga komoditas tertentu akan mendorong turunnya jumlah komoditas substitusi yang diminta. Sedangkan untuk komoditas komplementer, kenaikan harga komoditas utama akan menurunkan permintaan terhadap komoditas komplementer. Keadaan ini berlaku jika asumsi *ceteris paribus* terpenuhi.

c. Perkiraan Harga Dimasa Datang

Perkiraan konsumen dimasa datang akan berpengaruh terhadap jumlah komoditas yang diminta. Ketika harga diperkirakan naik maka jumlah komoditas yang diminta konsumen saat ini akan mengalami kenaikan, sebaliknya ketika harga diperkirakan turun maka jumlah komoditas yang diminta konsumen saat ini akan mengalami kenaikan. Keadaan ini berlaku dengan asumsi *ceteris paribus*.

d. Selera

Perubahan selera konsumen juga akan berpengaruh terhadap jumlah komoditas yang diminta dengan asumsi *ceteris paribus*. Namun karena selera sulit dihitung dengan angka maka seringkali dianggap konstan.

Pendapat lain tentang faktor penentu permintaan adalah harga komoditas itu sendiri, harga komoditas lain yang berkaitan dengan komoditas tersebut, pendapat masyarakat, corak distribusi pendapat masyarakat, cita rasa masyarakat, jumlah penduduk ramalan masa depan. (Sugarto.dkk, 2010) Masih banyak pendapat ahli lainnya yang mempengaruhi permintaan, diantaranya adalah harga komoditas, harga komoditas lain, pendapatan, promosi, dan selera. (Sumar'in, 2013)

Berdasarkan beberapa pendapat diatas maka dapat disimpulkan bahwa harga komoditas, harga komoditas berkaitan, pendapatan, distribusi pendapatan, corak distribusi pendapatan, selera, jumlah penduduk, dan ekspektasi harga dimasa dating merupakan factor penentu dari suatu permintaan.

2.3 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*Forecasting*) adalah suatu teknik analisa perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan kualitatif maupun kuantitatif untuk memperkirakan kejadian dimasa depan dengan menggunakan referensi data-data di masa lalu. Peramalan bertujuan untuk memperkirakan prospek ekonomi dan kegiatan usaha serta pengaruh lingkungan terhadap prospek tersebut.

2.3.1 Definisi Peramalan

Peramalan berasal dari kata ramalan yang artinya adalah situasi atau kondisi yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang. Sedangkan peramalan adalah bentuk kegiatanny. Ramalan tersebut dapat didasarkan atas bermacam-macam cara yaitu metode *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing*, dan metode *triple exponential smoothing*. Semua itu dikenal dengan metode peramalan.

Peramalan adalah memperkirakan keadaan dimasa yang akan datang melalui pengujian keadaan dimasa lalu. Dalam kehidupan sosial segala sesuatu itu

serba tidak pasti dan sukar diperkirakan secara tepat, sehingga diperlukan peramalan. Peramalan yang dibuat selalu diupayakan agar dapat meminimumkan pengaruh yang bisa meminimumkan kesalahan meramal (*forecast error* yang biasanya diukur dengan *mean square error*, *mean absolute error*, dan sebagainya. (Makridakis, 1999)

Peramalan diperlukan untuk menetapkan patokan dalam membuat rencana. Tanpa adanya patokan (dasar), tidak mungkin rencana bisa dibuat. Ramalan penjualan diperlukan untuk menentukan jumlah produksi baik jasa maupun barang yang harus dipersiapkan. Peramalan dapat dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Pengukuran secara kuantitatif yaitu dengan menggunakan metode statistik sedangkan pengukuran secara kualitatif yaitu dengan berdasarkan pendapat. Berdasarkan uraian tersebut, peramalan dikenal dengan istilah prakiraan dan prediksi.

Untuk lebih memahami definisi mengenai peramalan, penulis menemukan beberapa pendapat para ahli, yaitu : pengertian prediksi menurut (Eddy, 2008) mendefinisikan : “prediksi adalah proses peramalan dimasa datang dengan lebih mendasarkan pada pertimbangan intuisi, dalam prediksi juga sering digunakan data kuantitatif sebagai pelengkap informasi dalam melakukan peramalan”. Sedangkan “prakiraan didefinisikan sebagai proses peramalan (kejadian) dimasa datang dengan berdasarkan data variabel dimasa sebelumnya”. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara peramalan dan prediksi. Peramalan dilakukan perusahaan bilamana kondisi perusahaan sudah berjalan sebagaimana mestinya atau proses produksi telah berjalan sehingga terdapat data masa lalu yang dijadikan dasar untuk melakukan prakiraan. Sedangkan prediksi dilakukan bila proses produksi baru akan berjalan, dalam hal ini perusahaan belum mempunyai data masa lalu untuk dijadikan dasar untuk membuat prakiraan. Sedangkan pengertian peramalan menurut (Schroeder, 2003) mendefinisikan : “*forecasting is the art and science of predicting future events*”. Artinya : “peramalan adalah seni dan ilmu dalam memprediksi kejadian dimasa yang akan datang”.

Sejalan dengan itu menurut (Heizer Jay, 2006) yang telah diterjemahkan “peramalan adalah seni dan ilmu dalam memprediksi kejadian dimasa yang akan datang dengan menggunakan data masa lalu dalam menentukan kejadian yang akan datang dengan pendekatan matematis”. Dari uraian yang telah dipaparkan penulis maka dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa peramalan adalah ilmu atau seni yang digunakan sebuah manajemen dalam memprediksi kejadian dimasa yang akan datang dengan menggunakan data masa lalu yang diolah menggunakan metode-metode tertentu.

2.3.2 Jenis Peramalan

Penentu target diperlukan dalam segala aspek kehidupan. Dalam perusahaan, khususnya bagi seorang manajer untuk mengambil keputusan yang tepat dalam pencapaian tujuan perusahaan itu sangatlah penting, tetapi pada kenyataannya antara target yang harus dicapai dengan tingkat pendapatan yang diterima tidaklah selalu sama atau sesuai dengan apa yang diharapkan. Berdasarkan horizon waktu, peramalan dapat dikelompokkan dalam tiga bagian, yaitu peramalan jangka panjang, peramalan jangka menengah, peramalan jangka pendek.

1. Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang mencakup waktu yang lebih dari 18 bulan. Misalnya peramalan yang diperlukan dalam kaitannya dengan penanaman modal, perencanaan fasilitas, dan perencanaan untuk kegiatan *litbang*.
2. Peramalan jangka menengah, mencakup waktu antara 3 sampai dengan 18 bulan. Misalnya peramalan untuk penjualan, perencanaan produksi, dan perencanaan tenaga kerja tidak tetap.
3. Peramalan jangka pendek, yaitu untuk jangka waktu kurang dari 3 bulan. Misalnya peramalan dalam hubungannya dengan perencanaan pembelian material, penjadwalan kerja, dan penugasan karyawan.

2.3.3 Kegunaan Peramalan

Kegunaan peramalan menurut (Biegel, 2009) antara lain sebagai berikut :

1. Menentukan apa yang dibutuhkan untuk perluasan pabrik.
2. Menentukan perencanaan lanjutan bagi produk-produk yang ada untuk dikerjakan dengan fasilitas-fasilitas yang ada.

3. Menentukan penjadwalan jangka pendek produk-produk yang ada untuk dikerjakan berdasarkan peralatan yang ada.

2.3.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Peramalan

Dalam peramalan menurut (Heizer Jay, 2006) terdapat berbagai factor yang mempengaruhinya, factor-faktor tersebut adalah :

1. Horizon Waktu

Ada dua aspek yang berhubungan dengan masing-masing metode peramalan, pertama adalah cakupan waktu dimasa yang akan datang. Sedangkan yang kedua adalah jumlah periode peramalan yang diinginkan.

2. Pola Data

Dasar utama dari metode peramalan adalah anggapan bahwa macam pola yang didapat didalam data yang diramalkan akan berkelanjutan.

3. Jenis Model

Model-model ini merupakan suatu deret dimana waktu digambarkan sebagai unsur penting untuk menentukan perubahan-perubahan didalam pola yang mungkin secara sistematis dapat dijelaskan dengan analisa regresi dan korelasi.

4. Biaya

Umumnya ada empat unsur biaya yang tercakup dalam penggunaan prosedur ramalan yaitu biaya-biaya pengembang, penyimpanan (*storage data*), operasi pelaksanaan dan kesempatan dalam penggunaan teknik-teknik serta metode lainnya.

5. Ketepatan

Tingkat ketepatan yang dibutuhkan sangat erat hubungannya dengan tingkat perincian yang dibutuhkan dalam suatu peramalan.

6. Penggunaan Metode

Metode-metode yang dapat dimengerti dan dapat diaplikasikan dalam pengambilan keputusan.

2.3.5 Langkah-Langkah Peramalan

Beberapa langkah yang perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa permintaan yang dilakukan dapat mencapai taraf ketepatan yang optimal, menurut (Heizer Jay, 2006) adalah sebagai berikut :

1. Keadaan Perusahaan yang Bersangkutan.

Masing-masing metode akan memberikan hasil ramalan, menetapkan tujuan peramalan. Langkah pertama dalam penyusunan peramalan adalah penentuan estimasi yang diinginkan. Sebaliknya tujuan tergantung pada kebutuhan-kebutuhan informasi para manajer. Misalnya manajer membuat peramalan penjualan untuk mengendalikan produksi.

2. Memilih Unsur Apa yang Diramal.

Setelah tujuan ditetapkan, langkah selanjutnya adalah memilih produk apa yang akan diramal. Misalnya, jika ada lima produk yang akan dijual, produk mana dulu yang akan dijual.

3. Menetapkan Horizon Waktu Peramalan.

Apakah ini merupakan peramalan jangka pendek, menengah, atau jangka panjang. Misalnya seorang manajer pada perusahaan "X" menyusun prediksi penjualan bulanan, kuartalan, tahunan.

4. Memilih Tipe Model Peramalan.

Pemilihan model peramalan disesuaikan dengan yang berbeda.

5. Mengumpulkan Data yang Diperlukan untuk Melakukan Peramalan.

Apabila kebijakan umum telah ditetapkan, maka data yang dibutuhkan untuk penyusunan peramalan penjualan produk dapat diketahui. Data bila ditinjau dari sumber daya menjadi dua, yaitu :

- a. Data *Internal*, data dari dalam perusahaan.
- b. Data *Eksternal*, data dari luar perusahaan.

6. Membuat Peramalan.

7. Memvalidasi dan Menetapkan Hasil Peramalan.

Peramalan dikaji di departemen penjualan, pemasaran, keuangan, dan produksi untuk memastikan bahwa model, asumsi, dan data yang digunakan sudah

valid. Perhitungan kesalahan dilakukan, kemudian peramalan digunakan untuk menjadwalkan bahan, peralatan, dan pekerja pada setiap pabrik.

2.4 Exponential Smoothing (Pemulusan Eksponensial)

Exponential Smoothing atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Penghalusan Eksponensial adalah suatu metode peramalan rata-rata bergerak yang memberikan bobot secara eksponensial atau bertingkat pada data-data terbarunya sehingga data-data terbaru tersebut akan mendapatkan bobot yang lebih besar. Dengan kata lain, semakin baru atau semakin kini datanya, semakin besar pula bobotnya. Hal ini dikarenakan data yang terbaru dianggap lebih relevan sehingga diberikan bobot yang lebih besar. Parameter penghalusan (*smoothing*) biasanya dilambangkan dengan α (*alpha*).

2.4.1 Definisi Exponential Smoothing

Metode *exponential smoothing* merupakan metode peramalan yang cukup baik untuk peramalan jangka panjang dan jangka menengah, terutama pada tingkat operasional suatu perusahaan, dalam perkembangan dasar matematis dari metode *smoothing* (Makridakis, 1999) dapat dilihat bahwa konsep *exponential* telah berkembang dan menjadi metode praktis dengan penggunaan yang cukup luas, terutama dalam peramalan bagi persediaan.

Kelebihan utama dari metode *exponential smoothing* adalah dilihat dari kemudahan dalam operasi yang relatif rendah, ada sedikit keraguan apakah ketepatan yang lebih baik selalu dapat dicapai dengan menggunakan kuantitatif sistem ataukah metode dekonposisi yang secara intuitif menarik, namun dalam hal ini jika diperlukan peramalan untuk ratusan item.

Menurut (Makridakis, 1999) Menyatakan bahwa apabila data yang dianalisa bersifat stationer, maka penggunaan metode rata-rata bergerak (*moving average*) atau *single exponential smoothing* cukup tepat akan tetapi apabila datanya menunjukkan suatu trend linier, maka model yang baik untuk digunakan adalah *exponential smoothing linier* dari Brown atau model *exponential smoothing linier* dari Holt.

Permasalahan umum yang dihadapi apabila menggunakan model pemulusan eksponential adalah memilih konstanta pemulusan yang diperkirakan tepat. Adapun panduan untuk memperkirakan nilai a yaitu antara lain :

1. Apabila pola historis dari data actual permintaan sangat bergejolak atau tidak stabil dari waktu ke waktu, kita memilih nilai a mendekati 1. Biasanya dipilih nilai $a = 0.9$; namun pembaca dapat mencoba nilai a yang lain yang mendekati 1 seperti 0.8 ; 0.99 tergantung sejauh mana gejolak dari data itu.
2. Apabila pola historis dari data actual permintaan tidak berfluktuasi atau relative tidak stabil dari waktu ke waktu maka kita memilih nilai a yang mendekati nol, katakanlah $a = 0.2$; 0.05 ; 0.01 tergantung sejauh mana kestabilan data itu, semakin stabil nilai a yang dipilih harus semakin kecil menuju ke nilai nol.

2.4.2 Single Exponential Smoothing

Atau biasa disebut sebagai *Simple Exponential Smoothing*, metode ini digunakan untuk peramalan jangka pendek. Model mengasumsikan bahwa data berfluktuasi di sekitar nilai mean yang tetap, tanpa trend atau pola pertumbuhan konsisten. Tidak seperti *Moving Average*, *Exponential Smoothing* memberikan penekanan yang lebih besar kepada *time series* saat ini melalui penggunaan sebuah konstanta *smoothing* (penghalus). Konstanta *smoothing* mungkin berkisar dari 0 ke 1. Nilai yang dekat dengan 1 memberikan penekanan terbesar pada nilai saat ini sedangkan nilai yang dekat dengan 0 memberi penekanan pada titik data sebelumnya.

2.4.2.1 Single Exponential Smoothing (One Parameter)

Metode ini juga digunakan untuk data-data yang bersifat *stasioner* dan tidak menunjukkan pola atau tren, serta dapat digunakan untuk meramalkan suatu data untuk periode kedepan. Kasus yang paling sederhana dari pemulusan eksponential tunggal (SES) dapat dikembangkan dari persamaan matematis sebagai berikut :

$$F_{t+1} = F_t + \left(\frac{X_t - X_{t-n}}{N} \right), \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : $F_t =$ Nilai peramalan pada waktu ke t

$X_t = \text{Data aktual pada waktu ke } t$

$N = \text{Jumlah seluruh data}$

Misalkan pengamatan yang lama X_{t-N} tidak tersedia sehingga tempatnya harus digantikan dengan suatu nilai pendekatan. Salah satu pengganti yang mungkin adalah nilai ramalan pada periode yang sebelumnya F_t . Dengan melakukan substitusi ini persamaan (2.1) menjadi persamaan (2.2) dan dapat ditulis kembali sebagai (2.3), berikut persamaannya :

$$F_{t+1} = F_t + \left(\frac{X_t - F_t}{N}\right), \dots\dots\dots(2.2)$$

Atau

$$F_{t+1} = \left(\frac{1}{N}\right) X_t + \left(1 - \frac{1}{N}\right) F_t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dari persamaan (2.3) dapat dilihat bahwa ramalan ini (F_{t+1}) di dasarkan atas pembobotan observasi yang terakhir dengan suatu nilai bobot ($1/N$) dan pembobotan ramalan yang terakhir sebelumnya (F_t) dengan suatu bobot [$1 - (1/N)$], karena N merupakan suatu bilangan positif, $1/N$ akan menjadi suatu konstanta antara nol (jika N tak terhitung) dan 1(jika $N=1$) dengan mengganti $1/N$ dengan α sehingga persamaan (2.3) akan menjadi :

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \dots\dots\dots(2.4)$$

2.4.2.2 *Single Exponential Smoothing: Pendekatan Adaptif (ARRSES)*

Metode ini memiliki kelebihan yang nyata bila dibandingkan dengan pemulusan eksponential tunggal, dimana nilai konstanta pemulusannya dapat berubah secara terkendali dalam arti dapat berubah secara otomatis bilamana terdapat perubahan dalam pola data dasarnya. Persamaan dasar untuk peramalan dengan metode ARRSES adalah serupa dengan persamaan (2.4) kecuali bahwa nilai α diganti dengan α_t .

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana

$$\alpha_{t+1} = \frac{E_t}{M_t}, \dots\dots\dots(2.6)$$

$$E_t = \beta e_t + (1 - \beta)E_{t-1}, \dots\dots\dots(2.7)$$

$$M_t = \beta |e_t| + (1 - \beta)M_{t-1}, \dots\dots\dots(2.8)$$

$$e_t = X_t - F_t, \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan : E_t = Kesalahan *exponential smoothing*

M_t = MAD yang dirapikan secara *exponential*

2.4.3 Double Exponential Smoothing

Metode ini digunakan ketika berbentuk data trend. Ada dua metode dalam Double Exponential Smoothing, yaitu : Metode Linier Satu Parameter dari Brown's dan Metode Dua Parameter dari Holt

2.4.3.1 Double Exponential Smoothing Satu Parameter Brown

Metode ini dikembangkan oleh Brown's untuk mengatasi adanya perbedaan yang muncul antara data aktual dan nilai peramalan apabila ada *trend* pada plot datanya. Untuk itu Brown's memanfaatkan nilai peramalan dari hasil *single exponential smoothing* dan *double exponential smoothing*. Perbedaan antara kedua, ditambahkan pada harga dari SES dengan demikian harga peramalan telah disesuaikan terhadap *trend* pada plot datanya. Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial linier dari Brown adalah serupa dengan rata-rata bergerak linier, karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur *trend*, perbedaan antara nilai pemulusan tunggal dan ganda dapat ditambahkan kepada nilai pemulusan dan disesuaikan untuk trend. Persamaan yang dipakai dalam implementasi pemulusan linier satu parameter Brown ditunjukkan dibawah ini :

$$\text{Pemulusan Tunggal} \quad S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}, \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Pemulusan Ganda} \quad S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}, \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Pemulusan Total} \quad a_t = S'_t + (S'_t + S''_t) = 2S'_t - S''_t, \dots\dots(2.12)$$

$$\text{Pemulusan Tren} \quad b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t), \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Peramalan} \quad F_{t+m} = a_t + b_t m, \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan : S'_t = Nilai pemulusan tunggal

$S''_t =$ Nilai pemulusan ganda

$X_t =$ Data aktual pada waktu ke t

$a_t =$ Pemulusan total

$b_t =$ Pemulusan tren

$F_{t+m} =$ Nilai ramalan

$m =$ periode masa mendatang

$\alpha =$ Konstanta dengan nilai antara 0 dan 1

2.4.3.2 Double Exponential Smoothing Dua Parameter Holt

Metode pemulusan eksponensial linier dari Holt dalam prinsipnya serupa dengan Brown kecuali bahwa Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya Holt memuluskan nilai *trend* dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Ramalan dari pemulusan eksponensial linier Holt didapat dengan menggunakan dua konstanta pemulusan (dengan nilai antara 0 sampai 1) dan tiga persamaan :

Pemulusan tunggal $S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}), \dots(2.15)$

Pemulusan tren $b_t = \gamma (S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}, \dots(2.16)$

Peramalan $F_{t+m} = S_t + b_t m. \dots(2.17)$

Keterangan : $S_t =$ Nilai pemulusan tunggal

$X_t =$ Data aktual pada waktu ke t

$b_t =$ Pemulusan tren

$F_{t+m} =$ Nilai ramalan

$m =$ Periode masa mendatang

$\alpha, \gamma =$ Konstanta dengan nilai antara 0 sampai 1

2.4.4 Triple Exponential Smoothing

Metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya trend dan perilaku musiman. Untuk menangani musiman, telah dikembangkan parameter persamaan ketiga yang disebut metode “*Holt-Winters*” sesuai dengan nama penemunya. Terdapat dua model *Holt-Winters* tergantung pada tipe musimannya yaitu *Multiplicative seasonal model* dan *Additive seasonal model*. Komponen musiman sering menjadi faktor yang paling penting untuk menerangkan variasi-variasi dalam variabel tak bebas selama periode satu tahun.

2.4.4.1 Triple Exponential Smoothing: Metode Kuadratik Satu Parameter dari Brown

Metode ini sebagaimana halnya dengan pemulusan eksponensial linier yang dapat digunakan untuk meramalkan data dengan suatu pola trend dasar, bentuk pemulusan yang lebih tinggi ini dapat digunakan bila dasar pola datanya adalah kuadratik, kubik, atau orde yang lebih tinggi. Untuk berangkat dari pemulusan kuadratik, pendekatan dasarnya adalah memasukan tingkat pemulusan tambahan (pemulusan *triple*) dan memberlakukan persamaan peramalan kuadratik.

Berikut adalah persamaan matematis untuk pemulusan *triple exponential smoothing* brown :

$$\text{Pemulusan tunggal} \quad S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}, \quad \dots(2.18)$$

$$\text{Pemulusan ganda} \quad S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}, \quad \dots(2.19)$$

$$\text{Pemulusan triple} \quad S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1}, \quad \dots(2.20)$$

$$\text{Pemulusan total} \quad a_t = 3S'_t - 3S''_t + 3S'''_t, \quad \dots(2.21)$$

$$\text{Pemulusan tren} \quad b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha)S'_t - (10 - 8\alpha)S''_t + (4 - 3\alpha)S'''_t], \quad \dots(2.22)$$

$$\text{Pemulusan kuadratik} \quad c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S'_t - S''_t + S'''_t), \dots(2.23)$$

$$\text{Peramalan} \quad F_{t+m} = a + b \frac{m}{t} + \frac{1}{2} c \frac{m^2}{t} \quad \dots(2.24)$$

Keterangan : $S'_t = \text{Nilai pemulusan tunggal}$

$S''_t = \text{Nilai pemulusan ganda}$

$S'''_t = \text{Nilai pemulusan triple}$

$X_t = \text{Data aktual pada waktu ke } - t$

$a_t = \text{Pemulusan total}$

$b_t = \text{Pemulusan tren}$

$c_t = \text{Pemulusan kuadratik}$

$F_{t+m} = \text{Nilai ramalan}$

$m = \text{Periode masa mendatang}$

$\alpha = \text{Konstanta dengan nilai antara 0 sampai 1}$

2.4.4.2 Triple Exponential Smoothing: Metode Kecenderungan dan Musiman Tiga Parameter dari Winter

Metode ini dapat digunakan untuk data yang bersifat atau mengandung musiman. Metode ini adalah metode yang digunakan dalam pemulusan trend dan musiman. Metode Winter didasarkan atas tiga persamaan pemulusan yaitu satu untuk stationer, trend, dan musiman. Hal ini serupa dengan metode Holt dengan satu persamaan tambahan untuk mengatasi musiman. Persamaan dasar untuk metode Winter adalah sebagai berikut :

$$\text{Pemulusan keseluruhan } S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}), \dots (2.25)$$

$$\text{Pemulusan trend } b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}, \dots (2.26)$$

$$\text{Pemulusan musiman } I_t = \beta \frac{X_t}{S_t} + (1 - \beta)I_{t-L}, \dots (2.27)$$

$$\text{Peramalan } F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m}, \dots (2.28)$$

Keterangan : S_t = Nilai pemulusan tunggal/keseluruhan

X_t = Data aktual pada waktu ke - t

b_t = Pemulusan tren

I_t = Pemulusan musiman

F_{t+m} = Nilai ramalan

L = Panjang musiman

m = Periode masa mendatang

α, γ, β = Konstanta dengan nilai antara 0 sampai 1

2.5 Pengukuran Kesalahan Peramalan

Sebuah notasi matematika dikembangkan untuk menunjukkan periode waktu yang lebih spesifik karena metode kuantitatif peramalan sering kali memperlihatkan data runtun waktu. Huruf X akan digunakan untuk menotasikan sebuah variable runtun waktu meskipun ada lebih dari satu variable yang ditunjukkan. Periode waktu bergabung dengan observasi yang ditunjukkan sebagai tanda. Oleh karena itu, X_t menunjukkan nilai dari runtun waktu pada periode waktu t.

Notasi matematika juga harus dikembangkan untuk membedakan antara sebuah nilai nyata dari runtun waktu dan nilai ramalan. A akan diletakkan di atas

sebuah nilai untuk mengindikasikan bahwa hal tersebut sedang diramal. Nilai ramalan untuk X_t adalah \hat{F}_t . Ketepatan dari teknik peramalan sering kali dinilai dengan membandingkan deret asli X_1, X_2, \dots dengan deret nilai ramalan $\hat{F}_1, \hat{F}_2, \dots$

Beberapa metode lebih ditentukan untuk meringkas kesalahan (*error*) yang dihasilkan oleh fakta (keterangan) pada teknik peramalan. Sebagian besar dari pengukuran ini melibatkan rata-rata beberapa fungsi dari perbedaan antara nilai aktual dan nilai peramalannya. Perbedaan antara nilai observasi dan nilai ramalan ini sering dimaksud sebagai residual.

Persamaan dibawah ini digunakan untuk menghitung *error* atau sisa untuk tiap periode peramalan.

$$e_t = X_t - \hat{F}_t \dots \dots \dots (2.29)$$

Dimana :

e_t = Error ramalan pada periode waktu t .

X_t = Nilai aktual pada periode waktu t .

\hat{F}_t = Nilai ramalan untuk periode waktu t .

Satu metode untuk mengevaluasi metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *Mean Absolute Deviation* (MAD) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD paling berguna ketika orang yang menganalisa ingin mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama dengan deret asli.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - \hat{F}_t| \dots \dots \dots (2.30)$$

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Suatu teknik yang menghasilkan kesalahan moderat mungkin lebih baik untuk salah satu yang memiliki kesalahan kecil tapi kadang-kadang menghasilkan sesuatu yang sangat besar. Berikut ini rumus untuk menghitung MSE :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \hat{F}_t)^2 \dots \dots \dots (2.31)$$

Persamaan berikut sangat berguna untuk menghitung kesalahan-kesalahan peramalan dalam bentuk persentase daripada jumlah. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variable ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - \hat{X}_t|}{X_t} * 100 \dots (2.32)$$

Untuk menentukan apakah suatu metode peramalan bisa (peramalan tinggi atau rendah secara konsisten). *Mean Percentage Error* (MPE) digunakan dalam kasus ini. MPE dihitung dengan mencari kesalahan pada tiap periode dibagi dengan nilai nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase ini. Jika pendekatan peramalan tidak bias, MPE akan menghasilkan angka mendekati nol. Jika hasilnya mempunyai persentase negatif yang besar, metode peramalannya dapat dihitung. Jika hasilnya mempunyai persentase positif yang besar, metode peramalan tidak dapat dihitung. MPE dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(X_t - \hat{X}_t)}{X_t} \dots (2.33)$$

2.6 Penelitian Sebelumnya

Adapun beberapa penelitian yang berhubungan dengan topik yang sedang diteliti, antara lain :

1. Penggunaan Metode Peramalan dalam Produksi Kayu untuk Penentuan Total Permintaan (Konsumen), (2016) Dalam penelitian tersebut mempunyai plot data *trend* naik dan turun. Peramalan penjualan bare core 13 mm, 15 mm, dan 16mm diperoleh dari data penjualan masa lalu, kemudian diolah menggunakan metode peramalan rata-rata bergerak ganda dan pemulusan eksponensial ganda. Dengan menggunakan metode ukuran ketelitian hasil peramalan atau MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dapat ditemukan presentasi nilai kesalahan terkecil. Hasil peramalan dengan metode *double exponential smoothing* sebagai berikut : a. bare core ketebalan 13 mm dengan

$\alpha = 0.5$ dengan MAPE 1,91%, b. bare core ketebalan 15 mm dengan $\alpha = 0.5$ dengan MAPE 1,70%, dan c. bare core 16 mm dengan $\alpha = 0.5$ dengan MAPE 1,38%.

2. (Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor di UD ACHMAD JAYA Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing, 2016) dalam penelitian tersebut mempunyai plot data *trend* naik dan turun, maka metode yang cocok untuk meramalkan pola data yang berunsur *trend* adalah *double exponential smoothing*. Perbandingan hasil peramalan dengan data aktual penjualan di tahun 2015 pada pengujian mempunyai nilai persentase kesalahan dibawah 20% disetiap bulannya. Dikarenakan hasil peramalan menggunakan metode *double exponential smoothing* mendekati data aktual penjualan di tahun 2015. berdasarkan perhitungan peramalan yang dilakukan dengan berbagai nilai alpha menunjukkan bahwa peramalan di bulan januari 2015 dengan alpha 0.7 memiliki nilai MAPE terkecil yaitu 12.36.

