

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa teori atau referensi yang nantinya digunakan untuk menjadi dasar dalam pengerjaan penelitian ini. Oleh karena itu, pada Bab II menjelaskan tentang beberapa teori atau literatur yang mendukung penelitian ini. Untuk lebih detailnya dipaparkan di bawah ini.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini menggunakan teori-teori serta pustaka yang dipakai untuk membantu selama penelitian dan penyusunan laporan. Teori-teori ini diambil dari buku literatur, dari internet dan dari laporan tugas akhir yang sudah ada. Perbedaan penelitian terdahulu dengan saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.1, sedangkan deskripsi penelitian terdahulu adalah sebagai berikut:

1. Anwar (2014) dalam penelitiannya yang bertujuan untuk membuat perencanaan produksi agregat benih jagung hibrida. Kriteria strategi perencanaan yang diterapkan adalah strategi yang memberikan total biaya produksi yang minimum dengan mengaplikasikan perencanaan agregat menggunakan pendekatan heuristik yang menerapkan empat jenis strategi yaitu pengendalian tenaga kerja, pengendalian *inventory*, *overtime* dan *sub-contract*. Keempat strategi masing-masing menghasilkan total biaya yang berbeda. Strategi pengendalian tenaga kerja menghasilkan total biaya yang minimum sebesar Rp. 2.607.688.192.
2. Octavianti (2013) dalam penelitiannya dalam menghadapi permintaan pasar yang tidak pasti dengan mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja dan peralatan produksi yang tersedia sehingga biaya total produksi dapat ditekan seminim mungkin. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan strategi agregat yang sesuai untuk digunakan dalam perencanaan produksi perusahaan penghasil tembakau rajang yang memiliki permintaan berfluktuasi. Strategi yang digunakan antara lain *Chase Strategy*, *Level Strategy* dan *Hybrid Strategy* yang kemudian dipilih strategi terbaik yang memberikan biaya produksi paling minimum, dilanjutkan dengan perhitungan disagregasi serta penentuan Jadwal Induk Produksi. Strategi agregat terpilih adalah *Hybrid Strategy* yang memberikan total

- biaya produksi paling minimum sebesar Rp 34.309.3361.219, dimana biaya produksi mengalami penghematan sebesar Rp 234.376.086 dari biaya produksi awal perusahaan.
3. Dewi (2013) dalam penelitiannya dalam menentukan jumlah produksi pada perishable produk yang mempunyai masa umur relatif pendek dengan permintaan berfluktuasi akan menghadapi resiko kerugian akibat produk rusak sebelum terjual. Penelitian ini mempergunakan pendekatan *Integer Linear Programming* untuk meminimalisir total biaya akibat adanya ketidaksesuaian perencanaan produksi. Pendekatan *Integer Linear Programming* yang diformulasikan dengan satu fungsi tujuan untuk meminimasi biaya yang meliputi biaya *overstock*, *shortage* dan *scrapped*. Dibatasi beberapa fungsi kendala berkaitan dengan variabel *overstock*, *shortage*, *scrapped*. Berdasarkan dari pengolahan data maka didapat total biaya *exiting* dan biaya model pada susu pasteurisasi kemasan 140cc dengan biaya *exiting* Rp 2.016.820, total biaya model Rp 429.960 mengalami perbaikan 78,68% dan 160cc dengan biaya *exiting* Rp 2.658.360, total biaya model Rp 705.390 mengalami perbaikan 73,47%.
  4. Hardiyanti (2015) di penelitiannya dalam menentukan jumlah produksi pada periode selanjutnya dengan permintaan di perusahaan tersebut tidak menentu atau berfluktuasi. Penelitian ini menggunakan metode *linear programming* yang di formulasikan dengan fungsi tujuan untuk minimasi biaya produksi pada penjadwalan jumlah produksi kripik pisang manis dan kripik pisang asin. Sehingga didapatkan hasil perbandingan total biaya produksi keseluruhan dalam tahun 2014 menggunakan metode *linear programming* sebesar Rp 419.598.270 sedangkan sebelum memakai *linear programming* sebesar Rp 445.574.408 sehingga biaya produksi mengalami penghematan sebanyak Rp 26.022.187

Tabel 2.1  
Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian

No.	Penulis	Metode	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Anwar dan Wardi (2014)	<i>Linear Regresion, Heuristik</i>	PT. Cnm Solok	Perbandingan strategi dengan total biaya produksi terkecil
2.	Octavianti (2013)	<i>Chase strategy, level strategy, hybrid strategy</i>	PT.X	Pemilihan strategi agregat yang menghasilkan total biaya paling minimum dan Penentuan Jadwal Induk produksi
3.	Dewi (2013)	<i>Integer liner programming,</i>	KUD. DAU	Perbandingan total biaya <i>exiting</i> dan produksi yang minimal serta optimasi level produksi
4.	Hardiyanti (2015)	<i>Linear Programming</i>	UD.Burno Sari	Perbandingan total biaya produksi keseluruhan dengan menggunakan metode <i>linear programming</i> dengan tidak menggunakan metode <i>linear programming</i>

No.	Penulis	Metode	Objek Penelitian	Hasil Penelitian
5.	Farhan (2017)	<i>Linear Programming</i>	PT. Cakra Guna Cipta	Unuk mengetahui jumlah produksi yang optimal, baiaya produksi yang minimum, dan dapat melakukan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode <i>linear programming</i> .

Penelitian terdahulu pada Tabel 2.1 terdapat persamaan dengan tujuan minimasi biaya produksi. Namun ada perbedaan dalam metode perhitungannya untuk ketiga penulis yaitu Ahmad (2017) dengan *tools minitab, lingo* dan *Ms.Excel*, Hardiyanti (2015) dengan *tools lingo* dan *Ms.Excel* dan Dewi (2013) dengan *tools vba* dan *Ms.Excel* menggunakan *liner programming* sedangkan pada penelitian Anwar dan Wardi (2014) menggunakan metode *Linear Regression*, dan heuristik dengan *tools* . Octavianti (2013) menggunakan metode time series dengan agregasi menggunakan *Chase strategy, level strategy* dan *hybrid strategy* dengan *tools Ms.Excel*.

## 2.2 Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Menurut Nasution (2008:15) PPC dapat didefinisikan sebagai proses untuk merencanakan dan mengendalikan aliran material yang masuk, mengalir dan keluar dari sistem produksi atau operasi sehingga permintaan pasar dapat dipenuhi dengan jumlah yang tepat, waktu penyerahan yang tepat, dan biaya produksi minimum. Dari definisi di atas, maka pekerjaan yang terkandung dalam PPC secara garis besar dapat kita bedakan menjadi dua hal yang saling berkaitan, yaitu: perencanaan produksi dan pengendalian produksi.

## 2.3 Forecasting

Peramalan (*forecasting*) adalah proses untuk memperkirakan beberapa kebutuhan dimasa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang maupun jasa (Nasution, 2008:29).

Menurut Smith (1989:62) metode peramalan secara umum dibagi menjadi dua yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Dalam penelitian ini, metode *forecasting* yang digunakan adalah metode kuantitatif karena *forecast* yang dilakukan bersifat teknis dimana data permintaan tersebut dijadikan masukan untuk melakukan proses perencanaan produksi dan penjadwalan.

### 2.3.1 Metode Peramalan

Menurut Ishak (2010:112) dalam membuat peramalan permintaan harus menggunakan suatu metode atau cara-cara tertentu, diantaranya ialah:

#### 1. Metode Kualitatif

Metode ini biasanya digunakan bila tidak ada satu terlalu sedikit data masa lalu yang tersedia. Didalam metode ini pendapat atau prediksi pakar biasanya dijadikan dasar untuk menentukan permintaan mendatang. Metode yang banyak dikenal adalah metode Delphi dan metode kelompok nominal.

#### 2. Metode kuantitatif

Dalam metode ini satu set data historis digunakan untuk meramalkan permintaan di masa yang mendatang. Hasil peramalan yang dibuat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Dengan metode yang berbeda diperoleh hasil peramalan yang berbeda. Adapun yang perlu diperhatikan dalam penggunaan metode tersebut adalah baik tidaknya metode yang digunakan sangat ditentukan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Metode yang baik adalah metode yang memberikan nilai-nilai perbedaan atau penyimpangan yang mungkin.

### 2.3.2 Metode *Time Series*

Metode *Time Series* adalah metode yang digunakan untuk menganalisis serangkaian data yang merupakan fungsi dari waktu. Metode ini mengasumsikan beberapa pola atau kombinasi pola selalau berulang sepanjang waktu, dan pola dasarnya dapat diidentifikasi semata-mata atas dasar data historis dari serial itu (Ishak, 2010:119).

#### 1. Metode *Winter*

Merupakan metode untuk melakukan peramalan dengan mempertimbangkan baik indeks trend ataupun musiman bila kedua pola tersebut terdapat dalam (vollmann, Berry, & Whybark, 1984). Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$S_{Y+\pi} = (E_t + T_Y)S_{Y+n-p} \quad (2-1)$$

$$S_Y = \alpha \left( \frac{d_Y}{C_{Y-1}} \right) + (1 - \alpha)(S_{Y-1} + B_{Y-1}) \quad (2-2)$$

$$B_Y = \beta(S_Y - B_{Y-1}) + (1 - \beta)B_{Y-1} \quad (2-3)$$

$$C_Y = \gamma \left( \frac{d_Y}{S_Y} \right) + (1 - \gamma)C_{Y-1} \quad (2-4)$$

$$F_{Y+\delta} = (S_Y + kB_Y)C_{Y+\pi-1} \quad (2-5)$$

Sumber: vollmann, Berry, & Whybark (1984)

Dimana:

$S_\gamma$  = hasil peramalan dengan metode *exponential smoothing*

$C_\gamma$  = hasil perkiraan nilai seasonal pada periode yang dicari

$\gamma$  = nilai koefisien seasonal pada periode tertentu

$k$  = jumlah periode di masa mendatang

$B_\gamma$  = hasil perkiraan nilai trend pada periode yang dicari

$\beta$  = nilai koefisien trend pada periode tertentu

$F_{\gamma+\delta}$  = hasil peramalan pada periode yang diinginkan

## 2. Metode Dekomposisi

Metode dekomposisi berfungsi untuk meramalkan suatu peristiwa yang terjadi menggunakan data bulanan seperti data penjualan perbulan. Metode dekomposisi digunakan untuk meramalkan data deret berkala yang menunjukkan adanya pola trend dan musiman. Pendekatan ini mencoba menguraikan pola-pola dasar deret berkala menjadi sub pola trend (T), fluktuasi musiman (S), fluktuasi siklis (C) dan perubahan-perubahan yang bersifat random (I). Beberapa sub pola kemudian dianalisa secara terpisah, diekstrapolasi kedepan dan kemudian digabung kembali untuk mendapatkan ramalan data asli (Makridakis, dkk, 1999:123). Metode dekomposisi dilandasi oleh asumsi bahwa data yang ada merupakan gabungan dari beberapa komponen, secara sederhana diilustrasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Data} &= \text{Pola} + \text{error} \\ &= f(\text{trend, siklus, musiman}) + \text{error} \end{aligned} \quad (2-6)$$

Dalam metode dekomposisi terdapat model dekomposisi aditif dan multiplikatif. Model dekomposisi aditif dan multiplikatif dapat digunakan untuk meramalkan faktor trend, musiman dan siklus. Metode dekomposisi rata-rata sederhana berasumsi pada model aditif (Makridakis, dkk, 1999:128). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_x = T_x + S_x + C_x + I_x \quad (2-7)$$

Sedangkan metode dekomposisi rasio pada rata-rata bergerak (dekomposisi klasik) dan metode Census II berasumsi pada model multiplikatif. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y_x = T_x \times S_x \times C_x \times I_x \quad (2-8)$$

Sumber: vollmann, Berry, & Whybark (1984)

Dimana:

$Y_x$  = data deret berkala periode x

$T_x$  = data trend periode x

$S_x$  = faktor musiman (indeks) periode x

$Cx$  = faktor siklis periode  $x$

$Ix$  = faktor *error*  $x$

### 2.3.3 Pengukuran Kesalahan (Ukuran Kesalahan Peramalan)

Ukuran akurasi hasil peramalan yang merupakan ukuran kesalahan peramalan merupakan ukuran tentang tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan permintaan yang terjadi. Terdapat banyak rumus dalam penatepan standart perbedaan (*standard error*), antara lain *Mean Absolut Deviation* (MAD), *Mean Forecast Error* (MFE), *Mean Standar Error* (MSE) dan *Mean Absolut Presentation Error* (MAPE). (Nasution, 2008:34)

#### 2.3.3.1 Mean Absolut Deviation (MAD)

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

$$MAD = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right| \quad (2-9)$$

Sumber: Nasution (2008:34)

Dimana:

$A_t$  = permintaan aktual pada periode  $-t$

$F_t$  = peramalan permintaan pada periode  $-t$

$n$  = jumlah periode peramalan yang terlibat

#### 2.3.3.2 Mean Forecast Error (MFE)

MFE merupakan rata-rata kesalahan dengan mengukur perbandingan jumlah *error* dibagi jumlah periode peramalan data. Secara sistematis MFE dirumuskan sebagai berikut:

$$MFE = \frac{1}{n} \sum A_t - F_t \quad (2-10)$$

Sumber: Nasution (2008:35)

Dimana:

$A_t$  = permintaan aktual pada periode  $-t$

$F_t$  = peramalan permintaan pada periode  $-t$

$n$  = jumlah periode peramalan yang terlibat

### 2.3.3.3 Mean Standar Error (MSE)

MSE merupakan rata-rata kesalahan standar dari *error* dibagi dengan jumlah periode peramalan. Secara sistematis MSE dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \quad (2-11)$$

Sumber: Nasution (2008:34)

Dimana:

$A_t$  = permintaan aktual pada periode  $-t$

$F_t$  = peramalan permintaan pada periode  $-t$

$n$  = jumlah periode peramalan yang terlibat

### 2.3.3.4 Mean Absolut Presentation Error (MAPE)

MAPE merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu yang kemudian dikalikan 100% agar mendapatkan hasil secara prosentase. Secara sistematis MAPE dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{100}{n}\right) \sum \left|A_t - \frac{F_t}{A_t}\right| \quad (2-12)$$

Sumber: Nasution (2008:35)

Dimana:

$A_t$  = permintaan aktual pada periode  $-t$

$F_t$  = peramalan permintaan pada periode  $-t$

$n$  = jumlah periode peramalan yang terlibat

### 2.3.3.5 Tracking Signal

*Tracking signal* merupakan hasil dari *Running Sum of the Forecast Error* (RSFE) yang dibagi dengan *mean absolute deviation* (MAD), dimana kegunaanya untuk mengetahui perbandingan nilai aktual dengan nilai peramalan.

$$Tracking\ Signal : \frac{RSFE}{MAD} \quad (2-13)$$

Sumber: Vincent Gasperz (1998:81)

Dimana:

RSFE = *sum of the forecast error*

MAD = *Mean absolute Deviation*

## 2.4 Kapasitas

Kapasitas merupakan tingkat dimana *system manufacturing* (tenaga kerja, mesin, pusat kerja, departemen, pabrik) memproduksi. Dengan kata lain, kapasitas merupakan tingkat *output* yang dapat dicapai dengan spesifikasi produk, *product mix*, tenaga kerja, dan peralatan yang ada sekarang. Dalam CRP, kapasitas berkaitan dengan tingkat *output* kerja dalam setiap pusat kerja. (Nurwidiana dan Syakhroni, 2010)

Gaspersz (1998) mengemukakan beberapa definisi yang banyak dipergunakan dalam pembahasan yang berkaitan dengan perencanaan kapasitas sebagai berikut:

### 1. Pusat Kerja (*Work Center*)

Merupakan suatu fasilitas produksi spesifik yang terdiri dari satu atau lebih orang dan atau mesin dengan kemampuan yang identik, yang dapat dipertimbangkan sebagai satu unit untuk tujuan perencanaan kebutuhan kapasitas (CRP) dan penjadwalan terperinci (*detailed scheduling*).

### 2. Pesanan Manufaktur (*Manufacturing Orders*)

Merupakan suatu dokumen atau identitas jadwal yang memberikan kewenangan untuk membuat *part* tertentu atau produk dalam jumlah tertentu. Pesanan *manufacturing* dapat berupa salah satu; *open orders*, *already in process* atau *planned orders*, sebagaimana dijadwalkan melalui proses MRP.

### 3. *Routing*

Merupakan sekumpulan informasi yang merinci metode pembuatan item tertentu, termasuk operasi yang dilakukan, sekuensi operasi, berbagai pusat kerja yang terlibat, serta standar waktu setup (*setup time*) dan waktu pelaksanaan kerja (*run time*).

### 4. Beban (*load*)

Adalah banyaknya kerja yang dijadwalkan untuk dilakukan oleh fasilitas *manufacturing* dalam periode waktu yang ditetapkan. Beban (*load*) biasa dinyatakan dalam ukuran jam kerja atau unit produksi. *Load* merupakan volume kerja yang dikerjakan. Sebagaimana yang digunakan dalam CRP, beban (*load*) menggambarkan waktu setup (*setup time*) dan waktu pelaksanaan (*runtime*) yang dibutuhkan dari suatu pusat kerja.

### 2.4.1 Hubungan Kapasitas dengan Beban (*Capacity-Load Relationship*)

Dalam aplikasi CRP menunjukkan perbandingan antara beban yang ditetapkan pada pusat-pusat kerja berdasarkan pesanan kerja yang ada dan kapasitas dari setiap pusat kerja selama periode waktu tertentu. Penelitian Nurwidiana dan Syakhroni (2010) menyatakan

bahwa adanya tindakan perencanaan kembali (*replanning*) dapat dilakukan untuk menghilangkan situasi guna mencapai suatu keseimbangan antara beban dan kapasitas.

#### 2.4.2 Metode Pengukuran Kapasitas

Menurut Gasperz (1998) terdapat tiga metode dalam pengukuran kapasitas, antara lain sebagai berikut:

1. *Theoretical Capacity (Maximum Capacity, Design Capacity)*

Merupakan kapasitas maksimum yang mungkin dari sistem manufakturing yang didasarkan pada asumsi mengenai adanya kondisi ideal seperti; tiga *shift* per hari, tujuh hari per minggu, tidak ada *downtime* mesin dan lain-lain. *Theoretical Capacity* diukur berdasarkan pada jam kerja yang tersedia untuk melakukan pekerjaan, tanpa suatu kesempatan untuk berhenti atau istirahat, *downtime* mesin atau alasan lainnya.

2. *Demonstrated Capacity (Actual Capacity, Effective Capacity)*

Merupakan tingkat output yang dapat diharapkan berdasarkan pada pengalaman, yang mengukur produksi secara aktual dari pusat kerja di waktu lalu, yang biasanya diukur menggunakan angka rata-rata berdasarkan beban kerja normal.

3. *Rated Capacity (Calculated Capacity, Nominal Capacity)*

Pengukuran didasarkan pada penyesuaian kapasitas teoritis dengan faktor produktivitas yang telah ditentukan oleh *Demonstrated Capacity*. Dihitung melalui penggandaan waktu kerja yang tersedia dengan faktor utilisasi dan efisiensi. Utilisasi adalah pecahan yang menggambarkan persentase *clock time* yang tersedia dalam pusat kerja yang secara aktual digunakan untuk produksi berdasarkan pengalaman masa lalu.

Dengan demikian formulasi perhitungan *rated (calculated) capacity* dapat dilihat sesuai persamaan (2-14).

$$\text{Calculated capacity per periode} \quad (2-14)$$

= waktu yang tersedia per periode waktu x utilitas x efisiensi

Sumber: Vincent Gasperz (1998:81)

#### 2.5 Linear Programming

*Linear programming* adalah sebuah metode untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Pada tahun 1947, George Dantzig mengembangkan sebuah metode yaitu *the simplex algorithm* untuk menyelesaikan permasalahan *linear programming*. Sejak saat itu, *linear programming* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi pada beberapa sektor industri diantaranya perbankan, pendidikan, perhutanan, perminyakan dan manufaktur (Winston, 1991).

Menurut Winston (1991), terdapat beberapa komponen dalam *linear programming* diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Variabel keputusan

Dalam pembuatan formulasi *linear programming*, hal yang pertama dilakukan adalah pendefinisian variabel keputusan. Variabel keputusan harus benar-benar menggambarkan keputusan yang akan dibuat.

2. Fungsi tujuan

Dalam beberapa kasus *linear programming*, terkadang pengambil keputusan ingin memaksimalkan (biasanya pendapatan atau keuntungan) atau meminimalkan (biasanya biaya) beberapa fungsi dari fungsi tujuan. Fungsi yang memaksimalkan atau meminimalkan sesuatu inilah yang disebut fungsi tujuan. Biasanya dalam penulisannya, fungsi memaksimalkan disebut dengan max dan fungsi meminimalkan disebut dengan min. Koefisien dari sebuah variabel pada fungsi tujuan disebut dengan *objective function coefficient*. Sebagai contoh dalam fungsi tujuan  $Z = 3x_1 + 2x_2$ , *objective function coefficient* dari  $x_1$  adalah 3 dan *objective function coefficient* dari  $x_2$  adalah 2.

3. Batasan

Untuk menentukan nilai  $x_1$  dan  $x_2$  dalam fungsi tujuan pada linear programming biasanya dilakukan pembatasan beberapa hal tergantung pada bagaimana kondisi permasalahan yang ada. Pembuatan batasan harus dilakukan secara logis dan keseluruhan batasan harus memiliki satuan yang sama sebuah penyelesaian dianggap *feasible* apabila seluruh batasan dapat dipenuhi. Namun sebuah solusi dianggap *infeasible* apabila paling tidak ada satu batasan yang tidak dapat dipenuhi

4. *Sign Restrictions*

Untuk menyelesaikan permasalahan dengan formulasi *linear programming*, maka terdapat pertanyaan yang harus mampu dijawab oleh pengambil keputusan berkaitan dengan masing-masing variabel keputusan. Dapatkah variabel keputusan diasumsikan dengan nilai non negatif atau variabel keputusan tersebut dapat diasumsikan positif dan juga negatif, jika variabel keputusan ( $x_1$ , misalnya) hanya dapat diasumsikan dengan nilai non negatif maka diberikan *sign restrictions*  $x_1 \geq 0$ . Jika variabel keputusan ( $x_1$ , misalnya) dapat diasumsikan dengan nilai positif dan negatif sekaligus maka  $x_1$  tidak perlu diberikan *sign restrictions*.

Bentuk formulasi *linear programming* terkadang tidak sesuai dengan formulasi aslinya karena perlu adanya penyesuaian dengan permasalahan yang dihadapi. Namun secara umum

bentuk formulasi *linear programming* adalah sebagai berikut (Lieberman, G.J. & Frederick, S.H., 2001):

1. Meminimalkan atau memaksimalkan fungsi tujuan

$$\text{Max or Min } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2-15)$$

2. Batasan yang memiliki nilai lebih besar atau lebih besar sama dengan

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \geq b_i \quad (2-16)$$

3. Batasan yang memiliki nilai lebih kecil atau lebih kecil sama dengan

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq b_i \quad (2-17)$$

4. Batasan yang memiliki nilai sama dengan

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n = b_i \quad (2-18)$$

Permasalahan apapun yang dalam pembuatan formulasinya masih berdasarkan dari persamaan di atas maka masih dapat disebut *linear programming problem*. Walaupun apabila nantinya formulasi model yang dibuat tidak persis dengan persamaan di atas, formulasi tersebut masih diperbolehkan selama masih sesuai dengan logika matematika (Lieberman, G.J. & Frederick, S.H., 2001).

Secara teknis, ada lima syarat tambahan dari permasalahan linear programming yang harus diperhatikan yang merupakan asumsi dasar, yaitu:

1. *Certainty* (kepastian). Maksudnya adalah fungsi tujuan dan fungsi kendala sudah diketahui dengan pasti dan tidak berubah selama periode analisa.
2. *Proportionality* (proporsionalitas). Yaitu adanya proporsionalitas dalam fungsi tujuan dan fungsi kendala.
3. *Additivity* (penambahan). Artinya aktivitas total merupakan penjumlahan aktivitas individu.
4. *Divisibility* (bias dibagi-bagi). Maksudnya solusi tidak harus merupakan bilangan integer (bilangan bulat), tetapi bisa juga berupa pecahan.
5. *Non-Negative variable* (variabel tidak negatif). Artinya bahwa semua nilai jawaban atau variabel tidak negatif.

## 2.6 Jadwal Induk Produksi

Jadwal Induk Produksi merupakan gambaran atas periode perencanaan dari satu permintaan termasuk ramalan, rencana penawaran, persediaan akhir dan kuantitas yang dijanjikan tersedia atau suatu pernyataan mengenal produk yang dibuat, berapa jumlahnya, serta kapan dibuat. Jadwal Induk Produksi adalah rencana produksi jangka pendek perusahaan dalam menghasilkan produk jadi atau produk akhir, yang digunakan untuk

mengatur rencana produksi dan pengawasan (Joko, 2001:176). Jadwal Induk Produksi harus dibuat secara realitas dengan mempertimbangkan kapasitas produksi, tenaga kerja maupun subkontrak. Input Jadwal Induk Produksi antara lain:

1. Rencana produksi

Merupakan batasan bagi Jadwal Induk Produksi. Jika rencana produksi ingin dicapai maka Jadwal Induk Produksi harus disesuaikan dengan rencana produksi tersebut.

2. Data permintaan

Merupakan pesanan yang masuk yang merupakan unsur pokok dari Jadwal Induk Produksi.

3. Status persediaan

Digunakan untuk mengetahui dengan tepat informasi yang berkaitan dengan persediaan di gudang, persediaan yang sudah dialokasikan, item-item yang sedang diproduksi atau dipesan, dan item-item yang sedang idrencanakan untuk dipesan.

4. Kebijakan pemesanan

Merupakan aturan-aturan yang biasa diperhatikan dalam pemesanan suatu item seperti jumlah pesanan minimum, jumlah kelipatan pemesanan, presentase kerusakan, *lead time*, persediaan pengaman, ongkos per unit, ongkos pesan dan sebagainya.

Menurut Handoko (1990:230), Jadwal Induk Produksi adalah suatu rencana terperinci dan berapa banyak perusahaan merencanakan untuk memproduksi masing-masing produk akhir dalam setiap periode waktu biasanya minggu untuk beberapa bulan yang datang.

Beberapa fungsi dari Jadwal Induk Produksi antara lain:

1. Menterjemahkan dan merinci rencana-rencana agregat menjadi produk-produk akhir tertentu
2. Mengevaluasi *schedule* tertentu
3. Merinci dan menentukan kebutuhan-kebutuhan kapasitas
4. Merinci dan menentukan kebutuhan-kebutuhan material
5. Memudahkan pemrosesan informasi
6. Menjaga validitas prioritas-prioritas
7. Menggunakan kapasitas secara efektif

## **2.7 Penyusunan Jadwal Induk Produksi Dengan Menggunakan *Linear Programming***

Pengembangan model dimulai dengan membuat model berdasarkan sasaran yang ingin dicapai yaitu pengurangan biaya operasi. Sasaran yang ingin dicapai dalam

pengembangan model adalah pengurangan biaya operasi. Beberapa faktor yang dibutuhkan dalam metode *Linear Programming* antara lain adalah:

1. Variabel Keputusan
2. Variabel Fungsi Tujuan
3. Variabel Fungsi Pembatas

### 2.7.1 Variabel Keputusan

Variabel keputusan merupakan output yang dioptimalkan sesuai dengan permasalahan yang ada sehingga memenuhi kriteria fungsi tujuan dan kendala. Sebagai contoh dalam masalah *Linear Programming* dari perusahaan.

Berikut ini adalah variabel-variabel keputusan yang ada dalam perencanaan produksi yaitu:

$AR_i$  = Jumlah produk 1 (SKM isi 12) yang diproduksi dengan kapasitas regular pada bulan ke  $i$

$BR_i$  = Jumlah produk 2 (SKM isi 16) yang diproduksi dengan kapasitas regular pada bulan ke  $i$

$CR_i$  = Jumlah produk 3 (SKT isi 12) yang diproduksi dengan kapasitas regular pada bulan ke  $i$

$DR_i$  = Jumlah produk 4 (SKT isi 16) yang diproduksi dengan kapasitas regular pada bulan ke  $i$

$AL_i$  = Jumlah produk 1 (SKM isi 12) yang diproduksi dengan kapasitas lembur pada bulan ke  $i$

$BL_i$  = Jumlah produk 2 (SKM isi 16) yang diproduksi dengan kapasitas lembur pada bulan ke  $i$

$CL_i$  = Jumlah produk 3 (SKT isi 12) yang diproduksi dengan kapasitas lembur pada bulan ke  $i$

$DL_i$  = Jumlah produk 4 (SKT isi 16) yang diproduksi dengan kapasitas lembur pada bulan ke  $i$

$AP_i$  = Jumlah persediaan produk 1 (SKM isi 12) pada bulan ke  $i$

$BP_i$  = Jumlah persediaan produk 2 (SKM isi 16) pada bulan ke  $i$

$CP_i$  = Jumlah persediaan produk 3 (SKT isi 12) pada bulan ke  $i$

$DP_i$  = Jumlah persediaan produk 4 (SKT isi 16) pada bulan ke  $i$

Dimana:

A = Produk 1 (SKM isi 12)

B = Produk 2 (SKM isi 16)

C = Produk 3 (SKT isi 12)

D = Produk 4 (SKT isi 16)

R<sub>i</sub> = Jam kerja regular pada bulan ke i

L<sub>i</sub> = Lembur pada bulan ke i

P<sub>i</sub> = Persediaan pada bulan ke i

i = Periode perencanaan (bulan ke i = 1,2,3,...,12)

### 2.7.2 Parameter Model

Dalam menentukan fungsi tujuan dan fungsi batasan dibutuhkan beberapa parameter model yang menjadi penjelasan mengenai fungsi-fungsi tersebut. Parameter modelnya antara lain:

#### 1. Parameter Biaya

GAR<sub>i</sub> = Biaya produksi SKM isi 12 pada jam regular per karton

GBR<sub>i</sub> = Biaya produksi SKM isi 16 pada jam regular per karton

GCR<sub>i</sub> = Biaya produksi SKT isi 12 pada jam regular per karton

GDR<sub>i</sub> = Biaya produksi SKT isi 16 pada jam regular per karton

GAL<sub>i</sub> = Biaya produksi SKM isi 12 pada jam lembur per karton

GBL<sub>i</sub> = Biaya produksi SKM isi 16 pada jam lembur per karton

GCL<sub>i</sub> = Biaya produksi SKT isi 12 pada jam lembur per karton

GDL<sub>i</sub> = Biaya produksi SKT isi 16 pada jam lembur per karton

GAP<sub>i</sub> = Biaya persediaan SKM isi 12 per karton

GBP<sub>i</sub> = Biaya persediaan SKM isi 16 per karton

GCP<sub>i</sub> = Biaya persediaan SKT isi 12 per karton

GDP<sub>i</sub> = Biaya persediaan SKT isi 16 per karton

#### 2.7.2.1 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan atau sasaran di dalam permasalahan *Linear Programming* yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber-sumber daya untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya yang minimal. Pada umumnya nilai yang dioptimalkan dinyatakan sebagai Z. Dimana Z merupakan nilai yang dioptimalkan yaitu biaya yang minimal. Biaya produksi terdiri dari:

##### 1. Minimasi biaya produksi regular =

$$\sum_{i=1}^{12} G_{ARi} \cdot AR_i + \sum_{i=1}^{12} G_{BRi} \cdot BR_i + \sum_{i=1}^{12} G_{CRi} \cdot CR_i + \sum_{i=1}^{12} G_{DRi} \cdot DR_i$$

2. Minimasi biaya produksi lembur =

$$\sum_{i=1}^{12} G_{ALi}.ALi + \sum_{i=1}^{12} G_{BLi}.BLi + \sum_{i=1}^{12} G_{CLi}.CLi + \sum_{i=1}^{12} G_{DLi}.DLi$$

3. Minimasi biaya persediaan =

$$\sum_{i=1}^{12} G_{APi}.APi + \sum_{i=1}^{12} G_{BPI}.BPI + \sum_{i=1}^{12} G_{CPI}.CPI + \sum_{i=1}^{12} G_{DPI}.DPI$$

$$Z = \text{Min} (1+2+3)$$

### 2.7.3 Fungsi Pembatas

Berdasarkan permasalahan yang ada di PT.Cakra Guna Cipta sehingga dapat ditetapkan batasan sebagai berikut:

1. Batasan permintaan produk SKM isi 12

Dimana:

DA<sub>i</sub> = permintaan SKM isi 12 pada bulan ke i

Contoh untuk perhitungan AR<sub>1</sub>+AL<sub>1</sub>-AP<sub>1</sub>= DA<sub>1</sub>

Keterangan:

AR<sub>1</sub> = Jumlah permintaan produk SKM isi 12 yang di produksi pada periode 1 secara reguler

AL<sub>1</sub> = Jumlah permintaan pruduk SKM isi 12 yang di produksi pada periode 1 secara lembur

AP<sub>1</sub> = Jumlah persediaan pruduk SKM isi 12 yang di produksi pada akhir periode 1

DA<sub>1</sub> = Hasil peramalan permintaan SKM isi 12 pada periode ke 1

- a. AR<sub>1</sub>+AL<sub>1</sub>-AP<sub>1</sub>= DA<sub>1</sub>
- b. AP<sub>1</sub>+AR<sub>2</sub>+AL<sub>2</sub>-AP<sub>2</sub>=DA<sub>2</sub>
- c. AP<sub>2</sub>+AR<sub>3</sub>+AL<sub>3</sub>-AP<sub>3</sub>=DA<sub>3</sub>
- d. AP<sub>3</sub>+AR<sub>4</sub>+AL<sub>4</sub>-AP<sub>4</sub>=DA<sub>4</sub>
- e. AP<sub>4</sub>+AR<sub>5</sub>+AL<sub>5</sub>-AP<sub>5</sub>=DA<sub>5</sub>
- f. AP<sub>5</sub>+AR<sub>6</sub>+AL<sub>6</sub>-AP<sub>6</sub>=DA<sub>6</sub>
- g. AP<sub>6</sub>+AR<sub>7</sub>+AL<sub>7</sub>-AP<sub>7</sub>=DA<sub>7</sub>
- h. AP<sub>7</sub>+AR<sub>8</sub>+AL<sub>8</sub>-AP<sub>8</sub>=DA<sub>8</sub>
- i. AP<sub>8</sub>+AR<sub>9</sub>+AL<sub>9</sub>-AP<sub>9</sub>=DA<sub>9</sub>
- j. AP<sub>9</sub>+AR<sub>10</sub>+AL<sub>10</sub>-AP<sub>10</sub>=DA<sub>10</sub>
- k. AP<sub>10</sub>+AR<sub>11</sub>+AL<sub>11</sub>-AP<sub>11</sub>=DA<sub>11</sub>
- l. AP<sub>11</sub>+AR<sub>12</sub>+AL<sub>12</sub>-AP<sub>12</sub>=DA<sub>12</sub>

2. Batasan permintaan produk SKM 16

Dimana:

DB<sub>i</sub> = permintaan SKM isi 16 pada periode ke i

Contoh untuk perhitungan  $BP_{10}+BR_{11}+BL_{11}-BP_{11}=DB_{11}$

Keterangan:

$BR_{11}$  = Jumlah permintaan produk SKM isi 16 yang di produksi pada periode 1 secara reguler

$BL_{11}$  = Jumlah permintaan pruduk SKM isi 16 yang di produksi pada periode 11 secara lembur

$BP_{10}$  = Jumlah persediaan pruduk SKM isi 16 yang di produksi pada akhir periode 10

$BP_{11}$  = Jumlah persediaan pruduk SKM isi 16 yang di produksi pada akhir periode 11

$DB_{11}$  = Hasil Peramalan permintaan SKM isi 12 pada periode ke 11

- a.  $BR_1+BL_1-BP_1= DB_1$
  - b.  $BP_1+BR_2+BL_2-BP_2=DB_2$
  - c.  $BP_2+BR_3+BL_3-BP_3=DB_3$
  - d.  $BP_3+BR_4+BL_4-BP_4=DB_4$
  - e.  $BP_4+BR_5+BL_5-BP_5=DB_5$
  - f.  $BP_5+BR_6+BL_6-BP_6=DB_6$
  - g.  $BP_6+BR_7+BL_7-BP_7=DB_7$
  - h.  $BP_7+BR_8+BL_8-BP_8=DB_8$
  - i.  $BP_8+BR_9+BL_9-BP_9=DB_9$
  - j.  $BP_9+BR_{10}+BL_{10}-BP_{10}=DB_{10}$
  - k.  $BP_{10}+BR_{11}+BL_{11}-BP_{11}=DB_{11}$
  - l.  $BP_{11}+BR_{12}+BL_{12}-BP_{12}=DB_{12}$
3. Batasan permintaan produk SKT 12

Dimana:

$DC_i$  = permintaan SKT isi 12 pada periode ke i

Contoh untuk perhitungan  $CP_5+CR_6+CL_6-CP_6=DC_6$

Keterangan:

$CR_6$  = Jumlah permintaan produk SKT isi 12 yang di produksi pada periode 6 secara reguler

$CL_6$  = Jumlah permintaan pruduk ST isi 12 yang di produksi pada periode 6 secara lembur

$CP_5$  = Jumlah persediaan pruduk SKT isi 12 yang di produksi pada akhir periode 5

$CP_6$  = Jumlah persediaan pruduk SKT isi 12 yang di produksi pada akhir periode 6

$DC_6$  = Hasil peramalan permintaan SKT isi 12 pada periode ke 6

- a.  $CR_1+CL_1-CP_1= DC_1$
- b.  $CP_1+CR_2+CL_2-CP_2=DC_2$
- c.  $CP_2+CR_3+CL_3-CP_3=DC_3$

- d.  $CP_3+CR_4+CL_4-CP_4=DC4$
- e.  $CP_4+CR_5+CL_5-CP_5=DC5$
- f.  $CP_5+CR_6+CL_6-CP_6=DC6$
- g.  $CP_6+CR_7+CL_7-CP_7=DC7$
- h.  $CP_7+CR_8+CL_8-CP_8=DC8$
- i.  $CP_8+CR_9+CL_9-CP_9=DC9$
- j.  $CP_9+CR_{10}+CL_{10}-CP_{10}=DC10$
- k.  $CP_{10}+CR_{11}+CL_{11}-CP_{11}=DC11$
- l.  $CP_{11}+CR_{12}+CL_{12}-CP_{12}=DC12$

#### 4. Batasan permintaan produk SKT 16

Dimana:

$DD_i$  = permintaan SKT isi 16 pada periode ke  $i$

Contoh untuk perhitungan  $DP_2+DR_3+DL_3-PP_3=DD_3$

Keterangan:

$DR_3$  = Jumlah permintaan produk SKT isi 16 yang di produksi pada periode 3 secara reguler

$DL_3$  = Jumlah permintaan pruduk ST isi 16 yang di produksi pada periode 3 secara lembur

$DP_2$  = Jumlah persedian pruduk SKT isi 16 yang di produksi pada akhir periode 2

$DP_3$  = Jumlah persedian pruduk SKT isi 16 yang di produksi pada akhir periode 3

$DD_3$  = Hasil peramalan permintaan SKT isi 16 pada periode ke 3

- a.  $DR_1+DL_1-PP_1= DD_1$
- b.  $DP_1+DR_2+DL_2-PP_2=DD_2$
- c.  $DP_2+DR_3+DL_3-PP_3=DD_3$
- d.  $DP_3+DR_4+DL_4-PP_4=DD_4$
- e.  $DP_4+DR_5+DL_5-PP_5=DD_5$
- f.  $DP_5+DR_6+DL_6-PP_6=DD_6$
- g.  $DP_6+DR_7+DL_7-PP_7=DD_7$
- h.  $DP_7+DR_8+DL_8-PP_8=DD_8$
- i.  $DP_8+DR_9+DL_9-PP_9=DD_9$
- j.  $DP_9+DR_{10}+DL_{10}-PP_{10}=DD_{10}$
- k.  $DP_{10}+DR_{11}+DL_{11}-PP_{11}=DD_{11}$
- l.  $DP_{11}+DR_{12}+DL_{12}-PP_{12}=DD_{12}$

#### 5. Batasan kapasitas regular

Contoh  $AR_i \leq$  kapasitas  $i$  (SKM)

Dimana :

AR<sub>i</sub> yaitu kapasitas produksi reguler pada produk SKM isi 12

$$AR_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKM)}$$

$$BR_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKM)}$$

$$CR_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKT)}$$

$$BR_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKT)}$$

6. Batasan kapasitas lembur

$$AL_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKM)}$$

Dimana :

AL<sub>i</sub> yaitu kapasitas produksi lembur pada produk SKM isi 12

$$AL_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKM)}$$

$$BL_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKM)}$$

$$CL_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKT)}$$

$$BL_i \leq \text{kapasitas } i \text{ (SKT)}$$

7. Batasan persediaan gudang

$$AP_i \leq \text{persediaan gudang } i \text{ (SKM)}$$

Dimana :

AP<sub>i</sub> yaitu kapasitas gudang untuk produk SKM isi 12

$$AP_i \leq \text{persediaan gudang } i \text{ (SKM)}$$

$$BP_i \leq \text{persediaan gudang } i \text{ (SKM)}$$

$$CP_i \leq \text{persediaan gudang } i \text{ (SKT)}$$

$$BP_i \leq \text{persediaan gudang } i \text{ (SKT)}$$

8. Batasan *safety stock*

$$AP_i \geq \text{safety stock } i \text{ (SKM)}$$

Dimana :

AP<sub>i</sub> yaitu di mana batasan *safety stock* pada produk SKM isi 12

$$AP_i \geq \text{safety stock } i \text{ (SKM)}$$

$$BP_i \geq \text{safety stock } i \text{ (SKM)}$$

$$CP_i \geq \text{safety stock } i \text{ (SKT)}$$

$$BP_i \geq \text{safety stock } i \text{ (SKT)}$$

## 2.8 Safety Stock

*Safety Stock* merupakan persediaan yang ada untuk mengurangi resiko kehabisan barang bila ada permintaan pelanggan ataupun produksi yang dilakukan oleh perusahaan (Tersine,

1994). Semakin besar *safety stock* mengurangi kemungkinan kehabisan barang, begitu pula ketika *safety stock* kecil meningkatkan kemungkinan kekurangan barang. Besar kecil *safety stock* berbanding lurus dengan biaya yang dikeluarkan perusahaan (Nasution dan Prasetyawan, 2008). Dengan demikian diperlukan metode untuk melakukan perhitungan yang memberikan hasil *safety stock* cukup untuk memenuhi permintaan pelanggan pada periode tertentu dengan tetap mempertimbangkan biaya yang minimum, karena nilai optimal dari *safety stock* diperoleh apabila biaya persediaan minimum. Perhitungan ini dapat dilakukan apabila kondisi permintaan memenuhi asumsi permintaan berdistribusi normal. Dengan perhitungan sebagai berikut (Tersine, 1994:205):

$$SS = Z \times \text{standar deviasi } demand \text{ selama } Lead \text{ Time} \quad (2-19)$$

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$$

Sumber: Vincent Gasperz (1998:81)

Dimana:

SS = jumlah *safety stock*

Z = nilai tabel normal

$\sigma$  = standar deviasi selama *Lead Time*

## 2.9 Pengukuran Waktu Kerja

Berdasarkan Wignjosoebroto (2003:169), pengukuran kerja (work measurement atau time study) dapat diidentifikasi sebagai metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit output yang dihasilkan. Pengukuran waktu kerja bertujuan untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik (Sutalaksana dkk, 1979:117).

Teknik pengukuran waktu kerja dikelompokkan ke dalam dua bagian, yaitu sebagai berikut.

### 1. Pengukuran secara langsung (*Direct Time Study*)

Pengukuran kerja secara langsung yaitu pengukuran yang dilakukan di tempat pekerjaan berlangsung. Pengukuran kerja secara langsung ini dapat dilakukan dengan dua cara pengukuran, yaitu jam henti (*stopwatch time study*) dan sampling kerja (*work sampling*)

### 2. Pengukuran secara tidak langsung

Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung yaitu perhitungan waktu yang dilakukan oleh pengamat tanpa harus berada di tempat yang diukur, dengan menggunakan tabel waktu yang tersedia asalkan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen-elemen

pekerjaannya. Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung ini dapat dilakukan dengan dua cara pengukuran, yaitu data waktu baku (*standard time*) dan data waktu gerakan (*predetermined time system*).

### 2.9.1 Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti merupakan teknik perhitungan kerja yang didapatkan dari perhitungan fisik waktu aktual yang dibutuhkan untuk melakukan sebuah pekerjaan dengan menggunakan jam atau perapatan penghitung waktu lainnya (Turner dkk, 2000:208). Ada tiga macam metode penggunaan metode jam henti, yaitu pengukuran waktu secara terus-menerus (*continuous Timing*), secara berulang-ulang (*Repetitive Timing*), dan secara penjumlahan (*Accumulative Timing*). Variasi dalam pengukuran dengan metode jam henti dapat disebabkan oleh:

1. Kesalahan dalam membaca *stopwatch*
2. Kesalahan mempertimbangkan elemen-elemen yang dicatat waktunya.
3. Perbedaan dalam kondisi operasi (bahan, metode, penerangan, dan lain-lain).
4. Kecepatan kerja operator yang diamati (dapat menjadi variabel yang disengaja).
5. Tidak diperhitungkannya suatu elemen tak berulang yang terjadi.

### 2.10 Pengujian Data

Pengujian data dilakukan untuk menguji data pada perhitungan waktu proses produksi meliputi uji keseragaman data dan uji kecukupan data.

#### 2.10.1 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data perlu dilakukan dahulu sebelum menggunakan data yang diperoleh guna menetapkan waktu baku. Uji keseragaman data dilakukan agar tidak ada data yang terlalu besar atau terlalu kecil dan jauh menyimpang dari nilai trend rata-ratanya (tidak ada data yang ekstrem). Uji keseragaman data dapat dilakukan secara visual atau dengan mengaplikasikan peta kontrol (*control chart*). Rumus yang digunakan untuk menguji keseragaman data adalah:

$$\text{BKA} = \bar{X} + (k \times \text{SD}) \quad (2-20)$$

$$\text{BKB} = \bar{X} - (k \times \text{SD}) \quad (2-21)$$

Sumber: Wignjosoebroto (2003:194)

Dimana:

BKA / BKB = Batas Kontrol Atas / Bawah

X = waktu rata-rata observasi

SD = standar deviasi

K = harga indeks jika tingkat kepercayaan (confidence level) yang diambil adalah  $(1-\alpha)$  yang diperoleh dari tabel normal standar.

Jika tingkat kepercayaan yang digunakan  $(1-\alpha) = 90\%$  maka  $k = Z_{\alpha/2} = Z_{0,05} = 1,65$

Jika tingkat kepercayaan yang digunakan  $(1-\alpha) = 95\%$  maka  $k = Z_{\alpha/2} = Z_{0,025} = 2$

Jika tingkat kepercayaan yang digunakan  $(1-\alpha) = 99,7\%$  maka  $k = Z_{\alpha/2} = Z_{0,0015} = 3$

### 2.10.2 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dimaksudkan untuk mengetahui apakah data-data yang diambil sudah cukup atau belum untuk dilakukan penelitian. Untuk menetapkan berapa jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan, maka harus ditetapkan terlebih dahulu tingkat kepercayaan dan derajat ketelitiannya. Dalam aktivitas pengukuran kerja biasanya diambil tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian 5%. Rumus yang digunakan untuk menguji kecukupan data adalah:

$$N' = \left[ \frac{k/s \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \quad (2-22)$$

Sumber: Wignjosoebroto (2003:134)

Dimana:

$N'$  = jumlah pengukuran yang diperlukan

$N$  = jumlah siklus pengamatan yang telah dilakukan

$k$  = derajat kepercayaan dalam pengamatan (95%;  $k = 2$ )

$s$  = derajat ketelitian dalam pengamatan (5%;  $s = 0,05$ )

$X_i$  = waktu pengamatan setiap elemen kerja masing-masing siklus

Untuk menentukan apakah data yang ada sudah cukup perlu dinilai  $N'$ , jika  $N \geq N'$  berarti data sudah cukup. Jika  $N < N'$  berarti data masih kurang sehingga harus dilakukan pengambilan data lagi.

### 2.11 Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku yang dilakukan meliputi waktu siklus, *performance rating*, waktu normal, waktu longgar dan menentukan waktu baku.

**2.11.1 Waktu Siklus**

Waktu siklus merupakan waktu penyelesaian satu satuan produksi mulai dari bahan baku mulai diproses di tempat kerja yang bersangkutan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan waktu siklus adalah:

$$WS = \frac{\sum Xi}{N} \tag{2-23}$$

Sumber: Sतालaksana (1979:137)

Dimana:

WS = waktu siklus

N = jumlah pengamatan

*Xi* = waktu pengamatan

**2.11.2 Performance Rating**

Berdasarkan Wignjosoebroto (2003:196), *performance rating* didefinisikan sebagai suatu proses yang dilakukan untuk membandingkan kecepatan seorang operator dalam menyelesaikan pekerjaannya selama pengamatan waktu kerja dengan konsep kecepatan kerja normal menurut pengamat. Berdasarkan Sतालaksana dkk, (1979:140) terdapat beberapa macam metode untuk menentukan performance rating, salah satunya adalah metode *Westinghouse System's Rating* yang mempertimbangkan empat faktor dalam mengevaluasi *performance* (kinerja) operator yaitu keterampilan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi (*condition*), dan konsistensi (*consistency*)

Skill	Effort
+0.15 A <sub>1</sub> - Superskill	+0.13 A <sub>1</sub> - Excessive
-0.05 E <sub>1</sub> - Fair	-0.04 E <sub>1</sub> - Fair
+0.13 A <sub>2</sub>	+0.12 A <sub>2</sub>
-0.10 E <sub>2</sub>	-0.08 E <sub>2</sub>
+0.11 B <sub>1</sub> - Excellent	+0.10 B <sub>1</sub> - Excellent
-0.16 F <sub>1</sub> - Poor	-0.12 F <sub>1</sub> - Poor
+0.08 B <sub>2</sub>	+0.08 B <sub>2</sub>
-0.22 F <sub>2</sub>	-0.17 F <sub>2</sub>
+0.06 C <sub>1</sub> - Good	+0.05 C <sub>1</sub> - Good
+0.03 C <sub>2</sub>	+0.02 C <sub>2</sub>
0.00 D - Average	0.00 D - Average
Conditions	Consistency
+0.06 A - Ideal	+0.04 A - Perfect
+0.04 B - Excellent	+0.03 B - Excellent
+0.02 C - Good	+0.01 C - Good
0.00 D - Average	0.00 D - Average
-0.03 E - Fair	-0.02 E - Fair
-0.07 F - Poor	-0.04 F - Poor

Gambar 2.2 Performance rating westing house  
 Sumber: Sतालaksana dkk (1979:145)

Dari faktor-faktor diatas didapatkan nilai performance yang merupakan penjumlahan atau interaksi nilai-nilai tersebut yang selanjutnya digunakan dalam menentukan besarnya faktor penyesuaian.

$$p = 1+P \tag{2-24}$$

Sumber: Sतालaksana (1979:145)

Dimana:

$p$  = faktor penyesuaian

$P$  = interaksi atau jumlah keempat faktor penyesuaian *Westing house*

Harga faktor penyesuaian atau rating faktor ( $p$ ) ditentukan sebagai berikut:

1. Jika operator terlalu cepat yaitu bekerja dengan kecepatan di atas batas normal maka rating  $p > 1$  atau  $p > 100\%$ .
2. Jika operator terlalu lambat yaitu bekerja dengan kecepatan di atas batas normal maka rating  $p < 1$  atau  $p < 100\%$
3. Jika operator bekerja secara normal maka  $p = 1$  atau  $p = 100\%$

### 2.11.3 Waktu Normal

Waktu normal merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan operator terlatih untuk melakukan pekerjaan dalam kondisi kerja yang biasa dengan kecepatan normal, dalam hal ini tidak termasuk waktu longgar (*allowances*) dan waktu tunggu (turner dkk, 2000:208). Rumus yang digunakan dalam perhitungan waktu normal adalah sebagai berikut. (Sutalaksana dkk, 1979:137)

$$WN = WS \times p \quad (2-25)$$

Dimana:

WN = waktu normal

WS = waktu siklus

$P$  = faktor penyesuaian

### 2.11.4 Waktu Longgar (*Allowance Time*)

Berdasarkan Wignjosoebroto (2003:201), waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik bekerja menyelesaikan pekerjaannya pada kecepatan kerja yang normal. Pada kenyataannya tidak demikian, seorang operator tidak selalu dapat bekerja terus-menerus sepanjang hari tanpa berhenti. Untuk itu perlu ditambahkan waktu longgar atas waktu normal yang didapatkan. Waktu Longgar tersebut dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu waktu longgar untuk kebutuhan pribadi (*Personal Allowance*), untuk melepas lelah (*Fatigue Allowance*), untuk keterlambatan (*Delay Allowance*).

### 2.11.5 Menentukan Waktu Baku

Berdasarkan Wignjosoebroto (2003:170), waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan pekerjaannya, dimana sudah terdapat pengaruh dari kelonggaran waktu. Kegunaan waktu baku antara lain adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan kebutuhan tenaga kerja (*man power planning*)
2. Estimasi biaya-biaya upah karyawan/ pekerja
3. Penjadwalan produksi dan pengangguran
4. Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan berprestasi
5. Indikasi keluaran (output) yang mampu menghasilkan seorang pekerja

Untuk memudahkan penentuan waktu baku untuk penyelesaian suatu operasi kerja, maka waktu normal harus ditambahkan dengan waktu longgar (*allowance*). Sehingga rumus untuk menghitung waktu baku adalah:

$$WB = WN \times \left[ \frac{100\%}{100\% - \% Allowance} \right] \quad (2-26)$$

Sumber: Wignjosoebroto (2003:203)

Dimana =

WB = waktu baku

WN = waktu normal

## 2.10 Konsep Biaya Produksi

Konsep biaya produksi terbagi menjadi dua, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung dan *overhead* serta biaya tetap dan variabel.

### 2.10.1 Biaya Langsung, Biaya Tak Lansung dan Biaya Overhead

Menurut Pujawan (1995) biaya langsung adalah biaya-biaya yang dengan mudah dapat ditentukan pada suatu operasi, produk, atau proyek yang spesifik. Biaya langsung terdiri dari biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja langsung.

Biaya tak langsung adalah biaya-biaya yang sulit ditentukan secara langsung pada suatu operasi, produk, atau proyek yang spesifik. Biaya tak langsung terdiri dari biaya bahan baku tak langsung, biaya tenaga kerja tak langsung, dan biaya-biaya lain yang sejenis. Biaya *overhead* adalah biaya-biaya manufacturing selain biaya langsung. Dengan demikian maka biaya tak langsung juga termasuk dalam biaya *overhead*.

### 2.10.2 Biaya Tetap dan Biaya Variabel

Biaya-biaya yang besarnya tidak dipengaruhi oleh jumlah *output* atau *volume* produksi yang dihasilkan oleh suatu sistem dalam jangka waktu tertentu disebut biaya tetap (*fixed cost*). Contoh biaya tetap adalah pengeluaran-pengeluaran untuk keperluan administrasi dan umum, pajak dan asuransi, depresiasi bangunan dan peralatan, dan sebagainya. Sedangkan biaya variabel merupakan biaya-biaya yang secara proporsional dipengaruhi oleh jumlah *output*. Biaya bahan baku langsung dan tenaga kerja langsung adalah dua contoh dari biaya variabel. Biaya total suatu sistem (produksi) dapat dijumlahkan dari biaya tetap dan biaya variabel, sehingga didapatkan rumus.

$$TC = FC + VC(x) \quad (2-27)$$

Sumber: Pujawan (1995)

Dimana:

TC = Biaya total untuk memproduksi sejumlah x produk

FC = Biaya tetap

VC (x) = Jumlah biaya variabel untuk memproduksi sejumlah x produk

Halaman ini sengaja dikosongkan