BAB 2
LANDASAN TEORI

2.1. Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi adalah pernyataan rencana produksi ke dalam betuk agregat. Perencanaan produksi ini merupakan alat komunikasi antara manajemen teras (*top management*) dan manufaktur. Di samping itu juga, perencanaan produksi merupakan pegangan untuk merancang jadwal induk produksi. Beberapa fungsi lain dari perecanaan produksi adalah:

1. Menjamin rencana penjualan dan rencana produksi konsisten terhadap rencana strategis perusahan.
2. Sebagai alat ukur performansi proses perencanaan produksi.
3. Menjamin kemampuan produksi konsisten terhadap rencana produksi.
4. Memonitor hasil produksi aktual terhadap rencana produksi dan membuat penyesuaian.
5. Mengatur persediaan produk jadi untuk mencapai target produksi dan rencana strategis.
6. Mengarahkan penyusunan dan pelaksanaan Jadwal Induk Produksi.

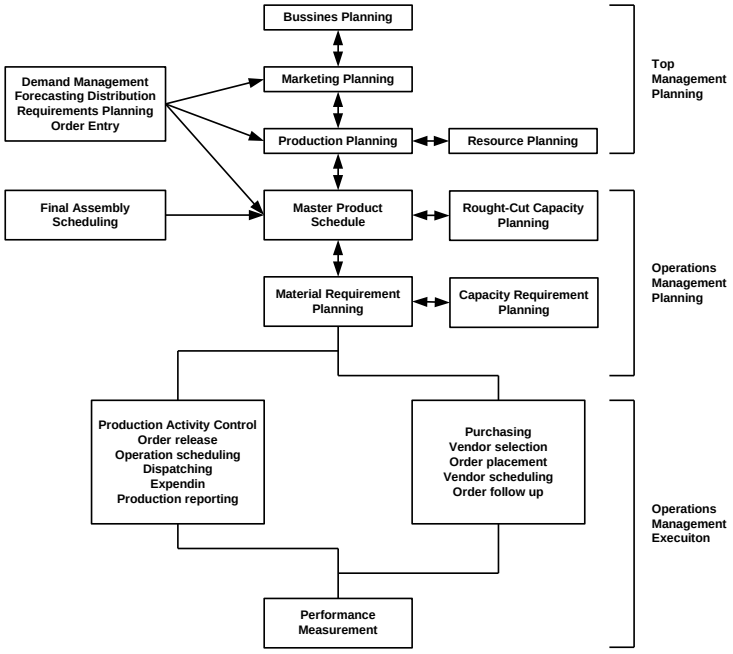
Adapun tujuan dari perecanaan produksi adalah:

1. Sebagai langkah awal untuk menentukan aktivitas produksi yaitu sebagai referensi perencanaan lebih rinci dari rencana produksi agregat menjadi item dalam jadwal induk produksi.
2. Sebagai masukan rencana sumber daya sehingga perencanaan sumber daya dapat dikembangkan untuk mendukung perencanaan produksi.
3. Meredam (stabilisasi) produksi dan tenaga kerja terhadap fluktuasi permintaan.

Perencanaan produksi dinyatakan dalam kelompok produk atau famili (agregat). Satuan unit yag dipakai bervariasi dari satu pabrik ke pabrik lain. Hal ini bergantung dari jenis produk seperti: ton, liter, kubik, jam mesin atau jam orang. Jika satuan menit sudah ditetapkan maka faktor konversi harus ditetapkan sebagai

alat komuikasi dengan departemen lainnya seperti departemen pemasaran dan akutansi.

Pengendalian *manufacturing* melibatkan seluruh aktifitas mulai dari pemasukan bahan mentah sampai menjadi produk jadi. Termasuk diantaranya *accounting, order entry,* pelayanan pelanggan, logistik, *budgeting,* dan perencanaan strategi dalam *manufacturing*. Keterpaduan semua hal ini sering disebut dengan MRP II (*Manufacturing Resource Planning)*, yang keterkaitannya dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 2.1. Keterkaitan MRP II

Aktivitas-aktivitas dalam perencanaan produksi meliputi perencanaan proses, jadwal induk produksi, perencanaan kebutuhan material, perencanaan kapasitas, dan pengendalian aktivitas produksi (*shop floor*). Dalam penjabaran lebih lanjut, maka perencanaan *manufacturing* diuraikan menjadi proses apa saja yang harus dikerjakan, siapa pelaksananya, kapan, dimana dan perkiraan ongkos yang ditimbulkan.

2.1.1. Faktor Penentu Keberhasilan Sistem Produksi

- Kedekatan hubungan antara pekerja dan sistemnya.
- Adanya sistem perencanaan dan pengendalian yang baik.

Kunci keberhasilan perusahaan industri terletak pada kemampuan perusahaan untuk memenuhi kepuasan konsumen (*customer satisfaction*). Apabila kepuasan konsumen dapat dijabarkan lebih lanjut, maka faktor kunci keberhasilan perusahaan industri pada dasarnya mencakup:

- Kualitas (*Quality*).
- Biaya atau Ongkos (*Cost*).
- Waktu Penyerahan (*Delivery Time*).

Faktor keberhasilan ini lebih dikenal dengan istilah QCD.

Dalam sistem produksi terdapat ruang lingkup yang terdiri dari:

1. *Production and Inventory Management* (PIM)

Merupakan suatu aktivitas yang meliputi *design, operation* dan *control* suatu *system* manufaktur sampai dengan distribusi produk jadi. Dalam arti lain PIM adalah serangkaian rantai *logistic* yang meliputi:

- Tingkat *retail.*
- Tingkat *warehouse.*
- Tingkat *manufacturing.*

2. Strategi *Product Positioning*

Terdapat empat tipe industri jika dilihat dari *Product Positioning* yaitu:

A. Make to Stock

Merupakan tipe industri yang membuat produk akhir untuk disimpan. Kebutuhan konsumen diambil dari persediaan digudang. Ciri–ciri dari tipe *Make to Stock* yaitu:

- *Standard item, high volume.*
- Terus menerus dibuat, lalu disimpan.
- Harga wajar.

B. Make to Order

Merupakan tipe industri yang membuat produk hanya untuk memenuhi pesanan. Ciri–ciri dari *Make to Order* yaitu:

- *Input*nya bahan baku.
- Biasanya untuk *item* dengan banyak jenis.
- Harga cukup mahal.

- *Lead Time* ditetapkan oleh konsumen atau pesaing.
- Perlu keahlian khusus.
- Komponen biasa dibeli untuk persediaan.

C. Assemble to Order

Merupakan tipe industri yang membuat produk dengan cara *assembling* hanya untuk memenuhi pesanan. Ciri–ciri dari *Assembly to Order* yaitu:

- *Input*nya komponen.
- Untuk *suplly item* dengan banyak jenis.
- Harga cukup mahal.
- *Lead Time* ditetapkan oleh konsumen.

D. Enginnering to Order

Merupakan tipe industri yang membuat produk untuk memenuhi pesanan khusus dimulai dari perancangan produksi sampai pengiriman produk. Ciri–cirinya yaitu:

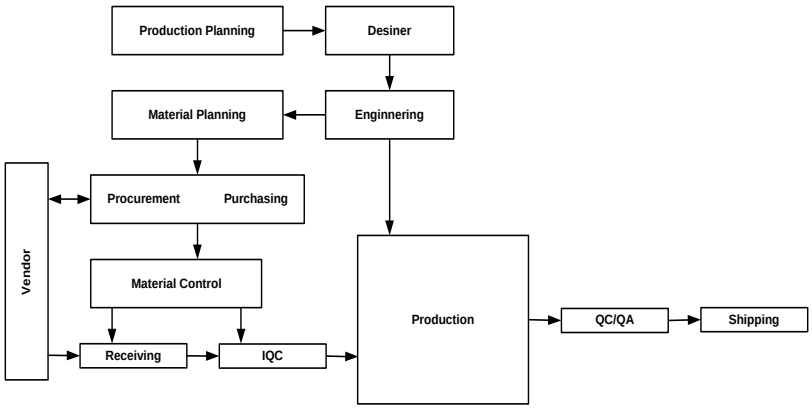
- Produk sangat spesifik.
- *Lead Time* panjang.
- Harganya mahal.

3. Strategi *Process Positioning*

Merupakan strategi yang dipilih suatu industri untuk menentukan jenis proses yang akan digunakan untuk menghasilkan produk. Tipe industri ditinjau dari strategi *Process Design* yaitu:

- *Flow Shop:*
  - *Continuous Flow.*
  - *Dedicated Repetitive.*
  - *Batch Flow.*
  - *Mixed Model Repetitive Flow*.
- *Job Shop.*
- *Fixed Site / Project.*

Manufacturing Layout



Gambar 2.2. *Manufacturing Layout*

2.2. Analisa Kebutuhan (*Forecasting*)

Forecasting atau peramalan diambil dari buku *"Forecasting Method and Application"* karangan Makridalis Wheel Wright dapat diartikan sebagai upaya untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang. Analisa kebutuhan adalah suatu usaha untuk melihat atau memperkirakan prospek ekonomi atau kegiatan usaha sejauh mana pengaruh lingkungan terhadap kelangsungan kegiatan usaha tersebut.

Salah satu tugas pengendalian produksi adalah meramalkan permintaan konsumen akan produk yang dihasilkan perusahaan. Peramalan adalah perkiraan tingkat permintaan satu atau lebih produk selama beberapa periode mendatang. Peramalan pada dasarnya merupakan suatu taksiran. Namun demikian dengan menggunakan teknik-teknik tertentu maka peramalan akan menjadi bukan hanya sekedar taksiran.

Dapat dikatakan bahwa peramalan tersebut merupakan taksiran ilmiah. Tentu saja peramalan akan semakin baik jika mengandung sesedikit mungkin kesalahan, walaupun kesalahan peramalan tetap merupakan suatu hal yang sangat manusiawi. Agar berarti maka hasil peramalan seharusnya dinyatakan dalam satuan produk (unit) dan mencakup periode perencanaan tertentu. Peramalan dalam jangka yang terlalu pendek tidak mungkin untuk digunakan untuk mengambil tindakan yang

efektif.Secara umum peramalan dapat digolongkan kedalam dua bagian yaitu metode kualitatif dan kuantitatif.

Metode peramalan sangat bervariasi, dari yang amat kasar sampai metode yang amat canggih. Banyak teknik yang membutuhkan tenaga yang sudah ahli untuk menggunakannya. Keunggulan dan kelemahan masing-masing teknik tersebut harus dikenali terlebih dahulu agar dapat dimanfaatkan secara maksimal. Suatu perusahaan biasanya menggunakan prosedur 3 tahap untuk sampai pada peramalan penjualan. Mereka melakukan peramalan lingkungan yang diikuti dengan peramalan industri dan diakhiri dengan peramalan penjualan perusahaan.

Analisa kebutuhan untuk masa yang akan datang biasa disebut sebagai peramalan adalah upaya untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Objek yang diramalkan dapat meliputi apa saja. Kegunaan peramalan ini untuk melihat pola tingkah laku dari kejadian ekonomi atau kegiatan usaha, saingan (lingkungan). Suatu kebijakan usaha memang tidak akan terlepas dari usaha untuk meningkatkan performansi dan keberhasilan perusahaan, agar tujuan-tujuan tersebut dapat tercapai maka segala sesuatu yang akan terjadi dimasa yang akan datang harus diantisipasi sedini mungkin agar segala sesuatunya berjalan dengan lancar. Usaha–usaha untuk mengantisipasi apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang tidak akan terlepas dari kegiatan peramalan atau *forecasting*.

Peramalan diperlukan disamping untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang juga para pengambil keputusan perlu untuk membuat *planning*, disamping itu didalam suatu *manufacturing* ada yang dinamakan dengan *Lead time* atau pembagian waktu dalam membuat suatu rencana produksi. Oleh sebab itu pembahasan peramalan dalam suatu *manufacturing* banyak berkisar dalam konteks peramalan kebutuhan, peramalan penjualan dan lain–lain.

Dalam suatu *manufakturing* peramalan merupakan langkah awal dalam penyusunan *Production Inventory Management, Manufacturing and Planning Control* dan *Manufacturing Resource Planning*, dimana objek yang diramalkan adalah kebutuhan. Pada industri yang menganut sistem *Make To Stock* peramalan merupakan *input* utama, sedangkan pada industri yang menganut *Make To Order* peramalan hanya merupakan bahan pertimbangan dalam menentukan kebutuhan mesin. Selain itu ada beberapa informasi yang penting yang bisa didapat dari peramalan yaitu informasi penjadwalan produksi, transportasi, personal, maupun inforamsi tentang rencana perluasan usaha baik jumlah atau sumber daya. Ditinjau dari segi proyeksi, peramalan secara teknis di kualifikasikan dalam dua cara yaitu peramalan kualitatif dan kuantitatif.

2.2.1. Karakteristik Peramalan yang Baik

Karakteristik peramalan yang baik harus memenuhi beberapa kriteria yaitu yang terdiri dari hal-hal sebagai berikut:

- Ketelitian

Ramalan harus mempunyai tingkat ketelitian yang cukup, karena apabila terlalu besar akan menyebabkan *inventory* yang berlebihan dan biaya operasi tambahan sedangkan apabila terlelu kecil akan menyebabkan kekurangan *inventory, back order*, perusahaan kehilangan pelanggan dan *profit*.

- Biaya

  Biaya untuk mengembangkan model peramalan dan melakukan peramalan akan menjadi signifikan jika jumlah produk dan data lainya semakin besar. Mengusahakan melakukan peramalan jangan sampai menimbulkan ongkos yang terlalu besar ataupun terlalu kecil.

- *Response*

  Ramalan harus stabil dan tidak terpengaruh oleh *fluktuasi demand*.

- *Simple*

  Keuntungan utama menggunakan peramalan yang sederhana yaitu kemudahan untuk melakukan peramalan. Jika kesulitan terjadi pada metode sederhana, *diagnosa* lebih mudah dilakukan secara umum lebih baik menggunakan metode yang paling sederhana yang sesuai dengan kebutuhan peramalan.

2.2.2. Prinsip – Prinsip Peramalan

Plossi mengemukakan lima prinsip peramalan yang perlu dipertimbangkan:

- Peramalan yang melibatkan kesalahan (*error*). Peramalan hanya mengurangi ketidakpastian tetapi tidak menghilangkannya, ini memungkinkan adanya kesalahan peramalan
- Peramalan sebaiknya memakai tolak ukur kesalahan peramalan. Besar kesalahan dapat dinyatakan dalam satu unit atau persentase permintaan aktual akan jatuh dalam *interval* peramalan.
- Peramalan *family* produk lebih akurat dari peramalan produk individu (*item*). Jika satu *family* produk tertentu diramalkan sebagai satu kesatuan, persentase kesalahan cenderung lebih kecil daripada persentase kesalahan peramalan produk–produk individu penyusunan *family*.
- Peramalan jangka pendek lebih akurat dari pada peramalan jangka panjang. Dalam waktu jangka pendek, kondisi yang mempengaruhi permintaan cenderung tetap atau berubah lambat, sehingga peramalan jangka pendek cenderung lebih akurat
- Jika dimungkinkan, hitung permintaan dari pada meramal permintaan. Untuk produk yang bersifat memproduksi untuk disimpan (*make to stock*), jumlah permintaan belum diketahui sehingga jadwal produksi harus dibuat berdasarkan peramalan. Pada saat jadwal produksi telah disusun, kebutuhan komponen dan bahan baku untuk mendukung jadwal produksi dapat dihitung dan peramalan tidak perlu dilakukan.

Dari sifat ramalan yang telah disusun

- Peramalan kuantitatif yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu.
- Peramalan kualitatif yaitu peramalan yang didasarkan atas kualitatif masa lalu.

Hasil-hasil peramalan sangat diperlukan untuk menentukan keputusan-keputusan yang akan diambil oleh organisasi antara lain:

- Penjadwalan sumber-sumber tersedia, misalnya: Peramalan tingkat permintaan produk, material, keuangan, buruh atau pelayanan adalah *input* untuk menjadwalkan produksi, transportasi, keuangan dan personil.
- Kebutuhan sumber daya tambahan, misalnya: Peramalan untuk kebutuhan sumber daya tambahan masa datang.
- Penentuan sumber daya yang diinginkan, misalnya: peramalan faktor-faktor lingkungan masa datang.

2.2.3. Teknik Peramalan

Ditinjau dari segi proyeksi, peramalan secara teknis dikualifikasikan dalam dua cara yaitu peramalan kualitatif dan kuantitatif.

- Metode Peramalan secara Kuantitatif

  Metode kualitatif digunakan jika tidak tersedia data kuantitatif masa lalu karena alasan:

  - Tidak tercatat.
  - Yang diramalkan adalah hal yang baru.
  - Situasi telah berubah.
  - Situasi turbulen dan memerlukan *human mind.*
  - Kesalahan peramalan tidak dapat diprediksi.
- Teknik Peramalan Kuantitatif, antara lain:
  - *Jury of Executive Opinion*

    Metode peramalan yang paling umum digunakan mengambil pendapat dari kelompok kecil dari *manager* tingkat tinggi, menghasilkan kelompok *demand*. Pengambilan keputusan bersifat konsensus, *executivesenior* dapat membiaskan seluruh juri. Peramalan akan baik selama *input* dari masing-masing individu baik.
  - *Salesforce Composite*

a) *Sales force* (tenaga penjualan) adalah sumber informasi yang baik berhubungan dengan *demand*.
b) Setiap tenaga penjualan mengestimasikan *demand* untuk daerahnya, kemudian digabungkan pada tingkat distrik dan nasioanal untuk mencapai peramalan keseluruhan.
c) Kemungkinan terjadi *over estimate* dan *under estimate* sangat dipengaruhi oleh pengalaman.

Metode kuantitatif dapat digunakan jika tersedia data masa lalu, dari data tersebut dicari pola hubungan yang ada. Metode ini cocok digunakan pada kondisi yang statis, jelas dan tidak memerlukan *human mind*. Dengan metode ini, ketelitian ramalan dapat diprediksi sejak awal sebagai bahan pengambilan keputusan, atas dasar tersebut metode kualitatif lebih disukai.

Metode kualitatif secara garis besar dapat dikelompokan menjadi 2, yaitu:

A. *Time Series*

Metoda ini digunakan untuk kondisi dimana kita dapat menjelaskan faktor-faktor apa yang akan dapat menyebabkan terjadinya *event* yang diramalkan (*Black Box*), sehingga waktu yang dianggap sebagai *variable* terjadinya *event* tersebut.

Secara garis besar, *Metode Time series* dapat dikelompokan menjadi:

1. Metode rata-rata bergerak (*Averaging)*

a. Metode rata-rata bergerak (*Moving Average*)

Peramalan didasarkan pada proyeksi serial data yang dimuluskan dengan rata-rata bergerak. Satu set data (N periode terakhir) dicari rata-ratnya, selanjutnya dipakai sebagai peramalan untuk periode berikutnya. Istilah rata-rata bergerak digunakan karena setiap diperoleh observasi (data aktual) baru maka rata-rata data yang baru dapat dihitung dengan mengeluarkan/meninggalkan data periode yang terlama dan memasukan data periode yang baru/terakhir. Rata-rata yang baru ini kemudian dipakai sebagai peramalan untuk periode yang akan datang, dan seterusnya. Serial data yang digunakan jumlahnya selalu tetap dan termasuk data periode terakhir.

Secara matematik, rumus peramalan dengan metode rata-rata bergerak sederhana sebagai berikut :

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=t}^{t-N=1} X_i}{N} = \frac{X_t + X_{t-1} + ... + X_{t-N+1}}{N} \quad \text{.....(2.1.)}$$

Dimana :

X_t : Data pengamatan periode t.

N : Jumlah deret waktu yang digunakan.

F_{t+1} : Nilai peramalan periode $t+1$.

b. Metode rata-rata bergerak tertimbang (*Weighted Moving Average*)

Metode rata-rata bergerak sederhana menggunakan bobot yang sama pada setiap periode. Hal ini menunjukan bentuk peramalan linier. Dalam banyak hal, periode yang diramalkan (periode *t + 1*) banyak memiliki keadaan yang sama dengan periode *t* dibandingkan dengan periode lain, misalnya *t-1* atau *t-2*. Oleh karena itu, periode terakhir sebaiknya mendapat bobot yang lebih besar dibandingkan dengan periode sebelumnya (disini menyiratkan adanya bentuk peramalan yang non linier). Metode rata-rata tertimbang dikembangkan untuk dapat memenuhi keinginan itu.

Metode rata-rata bergerak tertimbang juga menggunakan data N periode terakhir sebagai data histories untuk melakukan peramalan, tetapi setiap periode mendapat bobot yang berbeda. Rumus metode rata-rata bergerak tertimbang sebagai berikut :

$$F_{t+1} = \frac{W_t.X_t + W_{t-1}.X_{t-1} + ... + W_{t-N+1}.X_{t-N+1}}{W_t + W_{t-1} + ... + W_{t-N+1}} \quad \text{.....(2.2.)}$$

Dimana :

W_t = persentasi bobot yang diberikan untuk periode t apabila $W_t + W_{t-1} + ... + W_{t-N+1} = 1$, rumus nilai peramalan untuk periode $t+1$ dapat disederhanakan menjadi :

$$F_{t+1} = W_t.X_t + W_{t-1}.X_{t-1} + ... + W_{t-N+1}.X_{t-N+1}$$

c. *Moving Average With Linear Trend*

Metode ini akan efektif jika trend linear dan faktor random error tidak besar.

Rumus dalam menghitung peramalan menggunakan metode Moving Average With Trend adalah:

F(t) = Sum x (i) / m, untuk I dari t-m+1 sampai t

F'(t)= F'(t-1) + a [(m-1)*X(t) + (m+1)*X(t-m) – 2m F(t-1)]

f(t+h)= F(t) + F'(t) [((m-1)/2)+h]……(2.3.)

Dimana:

F(t) = nilai asal rata – rata bergerak tunggal peramalan pada periode data actual

F'(t) = nilai asal rata – rata bergerak ganda peramalan pada periode data actual

Xi = data actual pada bulan ke- i

Sum X(i) = jumlah data actual bulan ke-i sampai t

f(t+h) = periode peramalan sebenarnya pada t dan h

t = waktu pada periode data actual

m = panjang rata- rata bergerak dengan a = 6/[m(m^2-1)]

2. Metode pemulusan (*Eksponensial)*

a. Metode pemulusn eksponensial tunggal (*Single Exponensial Smoothing*)

Metode *eksponensial* tunggl menmbahkan parameter α dalam modelnya untuk mengurangi factor kerandoman. Nilai peramalan yang dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

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

Dimana :

X_t = Data permintaan pada periode t.

α = Faktor/konstanta pemulusan.

F_{t+1} = Peramalan untuk periode t.

b. Metode pemulusan (*Eksponensial Linier*)

Metode *eksponensial* tunggal hanya akan efektif apabila serial data yang diamati memiliki pola *horizontal*. Jika metode itu digunakan untuk data yang

memiliki unsur *trend* yang konsisten, nilai-nilai peramlannya akan selalu berada dibelakang nilai aktualnya. Metode yang tepat untuk peramalan serial data yang memiliki unsur *trend* adalah metode pemulusan *eksponensial linier*. Salah satu metode yang digunakan adalah metode pemulusan *eksponensial linier*, yang menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$S_t = \alpha.X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$
$$T_t = \beta.(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta).T_{t-1} \quad \text{.....(2.5.)}$$
$$F_{t+m} = S_t - T_t.m$$

Dimana :

F_{t+m} : Peramalan eksponensial linier

S_t : Faktor stationer pada saat t

T_t : Faktor trend pada saat t

m : periode yang akan diramalkan

Pemulusaan eksponensial linier menambahkan rumusan T_t untuk memperoleh pemulusan trend dan menggabungkan trend ini dengan rumusan pemulusan standar sehingga menghasilkan rumusan F_t. Metode dari Holt ini menggunakan dua parameter, α dan β, yang masing-masing nilainya dapat dipilih dari setiap angka antara 0 sampai dengan 1. kedua parameter itu dapat mempunyai nilai yang sama atau berbeda besarnya.

c. Metode Pemulusan *Eksponensial* Musiman (*Eksponensial Smoothing With Trend*)

Sebagaimana halnya dengan rumusan pemulusan eksponensial linier yang dapat digunakan untuk meramalkan serial data yang memiliki pola *trend*, bentuk rumusan yang lebih tinggi dapat digunakan jika pola dasar serial data yang berpola musiman adalah metode pemulusan eksponensial linier dan musiman dari winter. Metode ini didasarkan atas tiga rumusan, yaitu unsur *stationer*, *trend* dan musiman, yang dirumuskan sebagai berikut :

F(t)= a x (t) + (1-a) [F(t-1)+T(t-1)]

T(t)= b [F(t)-F(t-1)+(1-b)T(t-1)

f(t+h)= F(t)+hT(t)……(2.6.)

Dimana:

F(t) = nilai pemulusan tahap pertama

T(t)= nilai pemulusan tahap kedua

Xt= data actual pada bulan ke-t

f(t+h)= periode peramalan sebenarnya pada t dan h

t = waktu pada periode data actual

a = parameter pemulusan tahap pertama dari 0 sampai 1

b = parameter pemulusan tahap kedua dari 0 sampai 1

d. Metode *Dauble Exponential Smoothing*

Metode ini digunakan untuk memuluskan peramalan pada *single exponential smoothing*. Dimana rumus perhitungan untuk peramalan ini sebagai berikut :

$$FSD_{t+1} = \alpha.(F_1) + (1-\alpha).FSD_{t-1} \quad \text{.....(2.7.)}$$

Dimana :

FSD_{t+1} : peramalan *double exponential smoothing*

α : Faktor pemulusan

F_t : peramalan pada periode t

FSD_{t-1} : peramalan double *exponential smoothing* sebelumnya.

e. Metode Double *Exponential Smoothing With Linier Trend*

Metode ini digunakan untuk memuluskan peramalan pada *Exponential Smoothing With Linier Trend*. Dimana rumus perhitungan untuk peramalan ini sebagai berikut :

$$F_{t+m} = X_t + (S_t + T_t).m \quad \text{.....(2.8.)}$$

Dimana :

Ft+m : Nilai peramalan

Xt : nilai pengamatan pada periode t

St : Faktor stationer pada saat t

Tt : Faktor trend pada saat t

m : periode yang akan diramalkan

3. Metode Dekomposisi

   Metode dekomposisi mengasumsikan suatu data terdiri atas pala dasar dan kesalahan, atau dalam bentuk matematikanya, sebagai berikut :

   $X_t = f(S_t, T_t, C_t, R_t)$ …….(2.9.)

   Dimana :

   St : Komponen musiman pada periode t

   Tt : Komponen trend pada periode t

   Ct : Komponen siklus pada periode t

   Rt : Komponen random (kesalahn) pada periode t

4. Metode Holt-Winters Multiplicative Algorithm

   Metode *Holt-Winters Multiplicative Algorithm* digunakan untuk data yang bersifat acak (random). Dimana dalam rumusannya nilai c merupakan titik yang menunjukan refleksi musiman secara tidak teratur. Rumusan yang digunakan oleh Holt dan Winters adalah sebagai berikut :

$$F(t) = \alpha x(t) / S(t-c) + (1-\alpha)\left[F(t-1) + T(t-1)\right]$$
$$T(t) = \beta\left[F(t) - F(t-1)\right] + (1-\beta)T(t-1)$$
$$S(t) = \gamma x(t) / f(t) + (1-\gamma)S(t-c)$$
$$f(t+h) = \left[F(t) + hT(t)\right]S(t+h-c) \quad \text{……..(2.10.)}$$
$$h-1,2,....,c$$
$$f(t+h) = \left[F(t) + hT(t)\right]S(t+h-2c)$$
$$h = c+1, c+2,....,2c$$

B. *Metode Causal*

Metode ini dipakai untuk kondisi dimana *variable* penyebab terjadinya *item* yang akan diramalkan sudah diketahui. Dengan adanya hubungan tersebut, *output* dapat diketahui jika *input* diketahui. Adapun metode yang termasuk di dalamnya adalah:

- *Multiple Regresi*
- *Econimetrik*
- *Metode Marima*

Metode Kualitatif

Metode kualitatif disebut juga metode *Technological Forecasting*, karena sering digunakan untuk meramalkan lingkungan dan teknologi, yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- *Metode Subyektif.*
- *Metode Exlporatory.*
- *Metode Normative.*

2.2.4. Kesalahan Peramalan

Ukuran kesalahan (*error*) adalah besarnya penyimpangan antar *actual demand* dengan hasil ramalan (e(t))

Apabila dirumuskan

$$e_{(t)} = X_{(t)} - F_{(t)} \quad \text{.....(2.11.)}$$

Ada dua macam ukuran kesalahan yaitu ukuran statistik dan ukuran relatif.

Dalam menentukan ukuran kesalahan secara statistik ada 4 cara, yaitu:

- *Mean Error* (ME)

$$ME = \frac{\sum_{t-1}^{n} e_t}{n} \quad \text{.....(2.12.)}$$

- *Mean Absolute Error* (MAE)

$$MAE = \frac{\sum_{t-1}^{n} |e_t|}{n} \quad \text{.....(2.13.)}$$

- *Sum Square Error* (SSE)

$$SSE = \sum_{t-1}^{n} e^2 t \quad \text{.....(2.14.)}$$

- *Mean Square Error* (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{t-1}^{n} e^2 t}{n} \quad \text{.....(2.15.)}$$

- *Standard Deviation Error* (SDE)

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{t-1}^{n} e^2 t}{n-1}} \quad \text{.....(2.16.)}$$

Sedangkan dalam menentukan kesalahan secara relatif ada 3 macam cara, yaitu:

- *Percentage Error*

$$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) * 100 \quad \text{.....(2.17.)}$$

- *Mean Percentage Error*

$$MPE = \frac{\sum_{t-1}^{n} PE_t}{n} \quad \text{.....(2.18.)}$$

- *Mean Absolute Percentage Error*

$$MAPE = \frac{\sum_{t-1}^{n} |PE_t|}{n} \quad \text{.....(2.19.)}$$

keterangan:

a =*Intercept* t = Waktu

b = *Slope* (kemiringan) n= jumlah data

X =Variabel yang diramalkan

2.2.5. Prosedur Peramalan

Dalam melakukan peramalan perlu diikuti prosedur yang benar untuk mendapatkan hasil yang baik. Prosedur peramalan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

- Urutkan data untuk *random sampling* sekitar tiga puluh *item* dengan interval waktu harian, mingguan, atau bulanan tergantung dari kebutuhan perusahaan.
- Jika data termasuk kedalam jenis *trend* dan *season*, lebih baik menggunakan model *winters*.
- Tentukan konstanta *smoothing* dengan cara eksperimen atau coba-coba.
- Inisialisasi sistem dengan faktor *smoothing* yang terpilih.
- Perbaharui sistem secara periodik.
- Lakukan verifikasi peramalan.

Beberapa metode peramalan yang dikembangkan yaitu:

- *Metode Brown's*

  Metode ini dikembangkan oleh *Brown* untuk mengatasi adanya perbedaan yang muncul antara data *actual* dan nilai peramalan apabila terdapat *trend* pada plot data.

- *Metode Holts-Winter*

  Metode ini sebenarnya adanya penggabunngan dari dua metode yaitu metode *double exponential smoothing* dengan dua parameter yang dikembangkan oleh *Holt* dan metode *Triple exponential smoothing* dengan tiga parameter yang dikembangkan oleh *Winter.*

- *Metode Linier Regresi*

  Untuk pola data yang memperlihatkan fluktuasi *random* di sekitar garis lurus yang menunjuk atau menurun terhadap waktu.

2.2.6. *Tracking Signal*

Merupakan suatu ukuran bagaimana baiknya suatu ramalan memperkirakan nilai-nilai aktual. Suatu ramalan diperbaharui setiap minggu, bulan, atau triwulan, sehingga data permintaan yang baru dapat dibandingkan dengan nilai-nilai ramalan.

Running sum of forecast errors (RSFE)

$$\sum_{t=1}^{n} e_t \approx 0 \quad \text{.....(2.20.)}$$

Sistem peramalan yang baik apabila memiliki RSFE yang rendah, dan mempunyai *positive error* yang sama banyak atau seimbang dengan *negative error*, sehingga pusat dari *tracking signal* mendekati nol.

2.3. Rencana Produksi Agregrat (RPA)

Dalam suatu organisasi yang sehat, para perencana terus menerus merencanakan jadwal terinci aktivitas untuk beberapa periode mendatang, merencanakan bagaimana kondisi optimal ketersediaan sumber daya dengan ekspektasi permintaan produk, serta mengembangkan strategi penggunaan sumber daya itu.

Dalam bab ini akan dibahas rencana jangka menengah yang ditujukan bagi periode perencanaan antara satu bulan sampai dengan satu tahun kedepan. Dalam kurun waktu ini fasilitas fisik diasumsikan tetap selama periode perencanaan. Perencanaan *agregate* mencari kombinasi terbaik untuk meminimasi ongkos atas beberapa pilihan yang dihadapi untuk memenuhi permintaan produk. Tujuan perencanaan *agregate* adalah merencanakan jadwal induk produksi untuk beberapa periode mendatang, merencanakan kondisi optimal ketersediaan sumber daya terhadap ekspektasi permintaan produk, serta pengembangan strategi penggunaan sumber daya itu.

2.3.1. Strategi Perencanaan Agregat

Ada beberapa strategi yang dapat dilakukan untuk melakukan perencanaan yaitu dengan melakukan manipulasi persediaan, laju produksi, jumlah tenaga kerja, kapasitas atau variabel terkendali lainnya. Jika perubahan dilakukan terhadap suatu variabel sehingga terjadi perubahan laju produksi disebut sebagai strategi murni (*pure strategy*). Sebaliknya, strategi gabungan (*mixed strategy*), merupakan gabungan perubahan dua atau lebih strategi murni sehingga diperoleh perencanaan produksi fleksibel.

Seandainya datangnya permintaan dari konsumen bersifat rutin dan dapat diketahui dengan pasti baik besarnya maupun waktunya maka perencanaan produksi tidak diperlukan lagi. Namun pada kenyataannya pola permintaan ini tidak dapat ditentukan dengan pasti.Masalah tersebut mengakibatkan perusahaan harus menemukan cara atau strategi berproduksi agar fluktuasi permintaan tersebut dapat diantisipasi tentu saja dengan cara yang ekonomis sehingga tujuan perusahaan mencari keuntungan dapat tercapai. Jadi dalam perencanaan agregat, tidak dihasilkan rencana dalam bentuk individual produk melainkan dalam betuk agregat produk.

Penggunaan satuan agregat ini dilakukan mengingat keuntungan – keuntungan yang dapat diperoleh antara lain :

a. Kemudahan dalam pengolahan data

Dengan menggunakan satuan agregat maka pengolahan data tidak dilakukan untuk setiap individual produk. Keuntungan ini akan semakin terasa jika pabrik tempat perencanaan dilakukan memproduksi banyak jenis produk.

b. Ketelitian hasil yang didapatkan

Dengan hanya mengolah satu jenis data produk maka kemungkinan untuk menerapkan metode yang canggih semakin besar sehingga ketelitian hasil yang didapatkan semakin baik.

c. Kemudahan untuk melihat dan memahami mekanisme sistem produksi yang terjadi dalam implementasi rencana.Secara garis besar terdapat tiga strategi murni yang dapat dilakukan untuk menghadapi fluktuasi permintaan ini, yaitu :

1. Melakukan pengaturan setiap saat atas jumlah tenaga kerja yang dipergunakan dalam hal ini merekrut tenaga kerja baru bila permintaan meningkat dan memberhentikan sebagian tenaga kerja bila permintaan menurun.
2. Tetap mempertahankan jumlah tenaga kerja tetapi yang diatur adalah kecepatan produksi, misalnya jika permintaan meningkat kecepatan produksi ditingkatkan misalkan dengan mengadakan jam lembur.
3. Tetap mempertahankan baik jumlah tenaga kerja maupun kecepatan produksi dan untuk mengatasi fluktuasi permintaan diadakan persediaan (inventory).

Masing-masing strategi akan memberikan konsekuensi ongkos. Dalam kenyataannya mengandalkan pada strategi tersebut secara murni seringkali menimbulkan ongkos yang masih tidak ekonomis sehingga strategi yang digunakan adalah mengkombinasikan ketiga strategi tersebut.

2.3.2. Strategi Perencanaan Agregat Secara Murni (Pure Strategy)

Dikatakan pure strategy, jika perubahan dilakukan terhadap suatu variabel sehingga terjadi perubahan laju produksi. Beberapa strategi murni yaitu:

a. **Mengendalikan jumlah persediaan.** Persediaan dapat dilakukan pada saat kapasitas produksi dibawah permintaan (demand). Persediaan ini selanjutnya dapat digunakan pada saat permintaan berada diatas kapasitas produksi.

b. **Mengendalikan jumlah tenaga kerja.** Manajer dapat melakukan perubahan jumlah tenaga kerja dengan menambah atau mengurangi tenaga kerja sesuai dengan laju produksi yang diinginkan. Tindakan lain yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan jam lembur.

c. **Subkontrak.** Subkontrak dapat dilakukan untuk menaikkan kapasitas perusahaan pada saat perusahaan sibuk sehingga permintaan dapat dipenuhi.

d. **Mempengaruhi demand.** Karena perubahan permintaan merupakan faktor utama dalam masalah perencanaan agregat, maka pihak manajemen dapat melakukan tindakan, yaitu dengan mempengaruhi pola permintaan itu sendiri. Sebagai contoh PT.TELKOM memberi potongan jasa pulsa telpon pada malam hari, potongan harga supermarket pada 10 hari pertama awal bulan, dll.

2.3.3. Strategi Perencanaan Agregat Secara Gabungan (Mixed Strategy)

Setiap pure strategy akan melibatkan biaya yang besar dan sering pure strategy menjadi tidak layak, oleh karena itu kombinasi dari pure strategy ini menjadi mixed strategy lebih sering digunakan Ketika suatu perusahaan mempertimbangkan kemungkinan dari pencampuran strategi yang bervariasi dengan tidak terbatasnya rasio untuk melakukan strategi yang bervariasi tersebut, maka perusahaan baru akan menyadari tantangan yang sedang dihadapinya. Bagian pengendalian produksi dan bagian pemasaran harus menghasilkan master schedule yang mencakup beberapa kebijakasanaan perubahan dan prosedur

pengoperasian. Karena masalah yang kompleks ini , maka dalam pengendalian keputusan diperlukan diskusi tentang *THE VALUE OF DECISION RULES*.

2.3.4. Nilai dari Aturan – aturan Pengambilan Keputusan (The Value of Decision Rules).

Untuk menentukan perubahan production level merupakan keputusan yang sulit, dan akan melibatkan uang dan waktu dalam jumlah yang sangat besar. Dengan menentukan decision rules, manager pengendalian produksi dan manager pengoperasian akan menetapkan aturan mainnya. Setelah penerapan beberapa kebijaksanaan dan mengurangi perubahan terhadap kebijaksanaan ini, maka keputusan mingguan dapat diambil untuk menyelesaikan masalah –
masalah pengoptimal sumber daya. Untuk mengoptimalkan aturan ini , perlu ditinjau struktur biaya yang terjadi.

2.3.5 Ongkos – ongkos

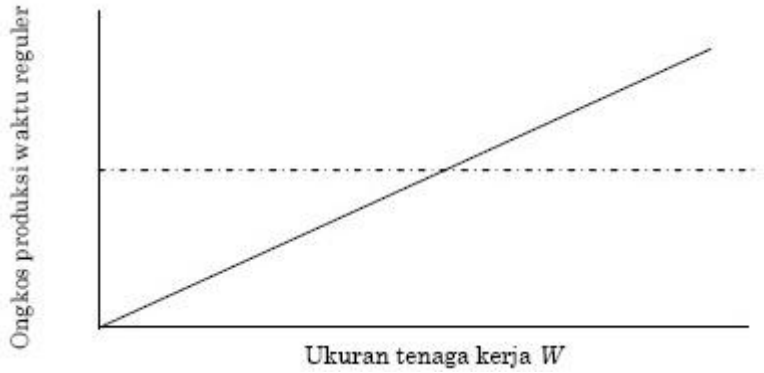
A. **Ongkos Upah Normal dan Ongkos Lembur (Normal and Overtime Cost)**

Perbandingan antara ongkos produksi dan tingkat produksi adalah merupakan suatu perbandingan kurva garis lurus (10.2.).Kenaikan yang tiba – tiba mungkin disebabkan oleh adanya penambahan peralatan yang baru. Ongkos produksi regular time diasumsikan untuk para pekerja fulltime. Ongkos ini akan meningkat sesuai dengan bertambahnnya jumlah pekerja. Adapun grafik ongkos ini dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut :



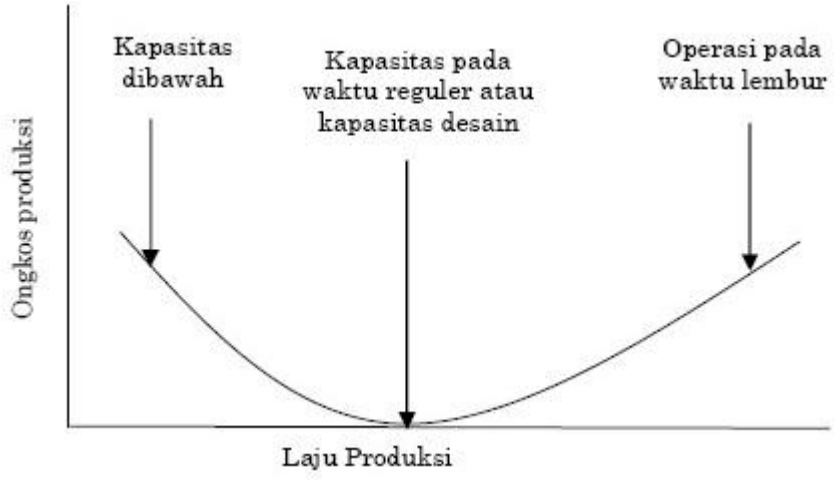
Gambar 2.3. ongkos produksi waktu reguler

Tetapi selain itu perusahaan juga harus menentukan berapa faktor biaya ,antara lain mempertahankan jumlah tenaga kerja yang perubahanna disebabkan oleh tekanan sosial , pendapat masyarakat, tingginya biaya pelatihan. Dengan memasukkan faktor – faktor ini biaya tenaga kerja akan menjadi konstan, seperti terlihat pada gambar 2.4. dibawah ini :



Gambar 2.4. ongkos tenaga kerja

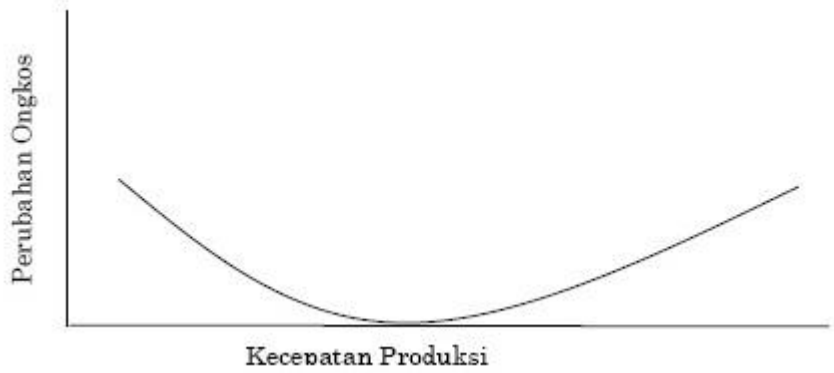
Bentuk kurva dan ongkos waktu lembur (overtime) dari jumlah tenaga kerja dapat dilihat pada gambar 10.4. Biaya ini dijaga agar tetap minimum, pada saat fasilitas dioperasikan pada level yang optimum . Biaya akan meningkat jika perusahaan beroperasi pada kapasitas yang rendah. Dengan peningkatan permintaan, maka produksi akan semakin terjadwal.



Gambar 2.5. ongkos waktu lembur dan tunda

B. Ongkos Perubahan Kecepatan Produksi.

Biaya akibat perubahan tingkat produksi bisa disebabkan oleh jumlah tenaga kerja perubahan biaya, pemberhentian dan perekrutan tenaga kerja, dapat dilihat gambar 2.6. di bawah ini :

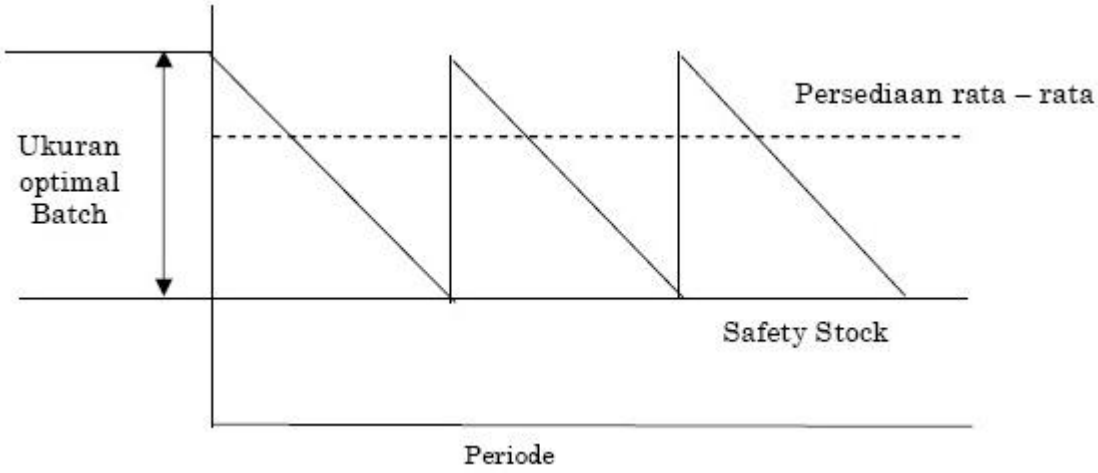


Gambar 2.6. Ongkos Perubahan Tingkat Tenaga Kerja

Dengan bertambahnya jumlah tenaga kerja, biaya – biaya yang dikeluarkan antara lain : Ongkos rekrut, ongkos pelatihan, yang menyebabkan turunnya produktivitas selama periode tertentu. Begitu juga dengan pemberhentian tenaga kerja. Biaya peningkatan produksi dan penurunan tingkat produksi adalah berbeda.

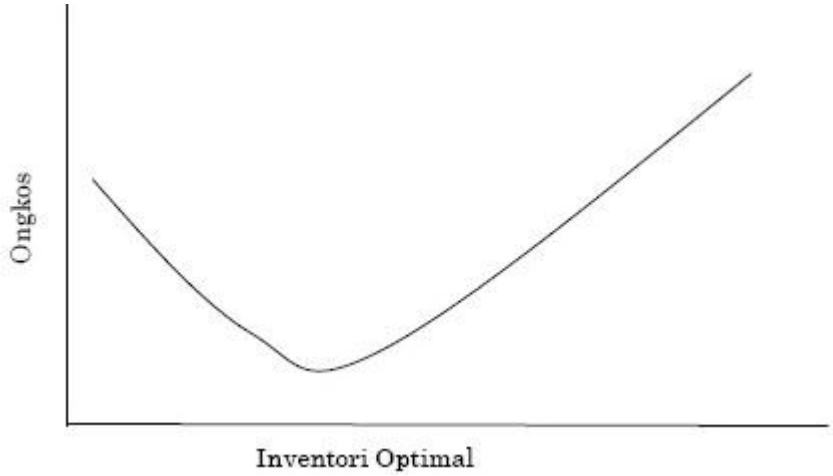
C. Ongkos Persediaan, Permintaan /Kekurangan Pesanan.

Tingkat persediaan agregat yang optimum, merupakan pendekatan dari jumlah rata – rata safety stock dan ½ dari optimum batch size, yang ditentukan dari tiap item, seperti yang terlihat pada gambar 2.7. dibawah ini :



Gambar2.7. Tingkat Inventori Agregat

Ongkos persediaan berkisar antara 5% sampai 90% dari harga item tersebut. Total ongkos persediaan adalah merupakan jumlah dari ongkos persediaan semua item. Biaya backorder dan lost sales merupakan masalah keuangan yang sama. Jika sering terjadi lost sales, maka keadaan ini akan membuka peluang bagi kompetitor dan menyebabkan semua biaya produksi meningkat . Biaya lost sales sangat sulit diperkirakan. Dari angka peramalan permintaan, biaya inventory,back order, digambarkan pada gambar 2.8. pada halaman sebelah
sebagai berikut :



Gambar 2.8. Biaya Inventori dan Shortage

D. Ongkos Subkontrak.

Alternatif lain untuk merubah tingkat produksi dan persediaan, sebuah perusahaan bisa memilih subkontrak untuk memenuhi permintaan. Subkontrak bisa juga tidak menguntungkan, karena akan akan menyebabkan biaya yang lebih besar dan akan membuka peluang kompetitor. Selain itu subkontrak juga sulit dijalankan, karena untuk mencari supplier yang on time dan reliable tidak mudah.

2.3.6. Metode – Metode Perencanaan Agregat.

Banyak metode yang telah dikembangkan untuk perencanaan agregat ini tetapi pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

a. Dengan pendekatan Optimasi :

– progamma linier

– aturan HMMS (Linier Decision Rule)

– search Decision Rule

b. Dengan pendekatan Heuristik :

– metode grafik

– metode koefisien manajemen

– metode parametric

Tidak semua metode ini akan dijelaskan pada buku ini Namun pada prinsipnya semua metode yang ada akan menghasilkan kecepatan produksi pada periode perencanaan yang dibuat, jumlah tenaga kerja yang digunakan, serta tingkat persediaan yang terjadi.

2.3.7. Perencanaan Agregat dengan Metode Grafis

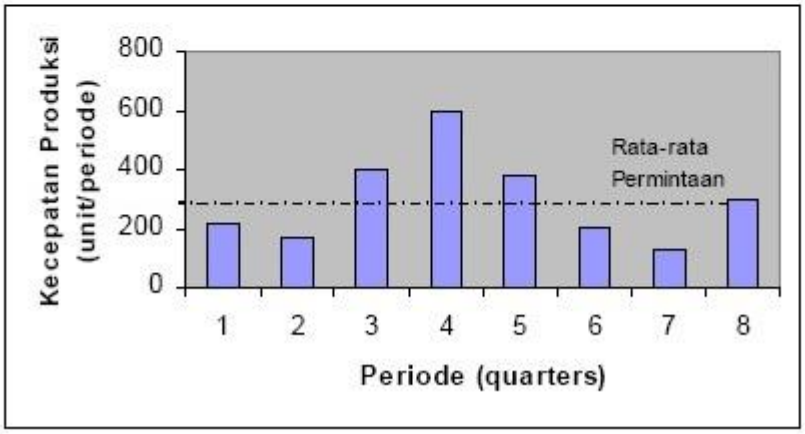
Metode grafis ini adalah metode perencanaan agregat yang sangat sederhana dan mudah dipahami. Dasar metode ini sebenarnya adalah “trial and error” dengan melihat gambaran antara permintaan kumulatif dan rata-rata permintaan kumulatifnya. Secara garis besar langkah perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Gambarkan histogram permintaan dan tentukan kecepatan produksi (Pt) rata-rata yang diperlukan untuk memenuhi permintaan.
2. Gambarkan grafik permintaan kumulatif terhadap waktu serta grafik permintaan rata-rata kumulatif terhadap waktu. Identifikasikan periode – periode tempat terjadinya kekurangan barang (back order) dan periode-periode adanya kelebihan barang (inventory).
3. Tentukan strategi yang akan digunakan untuk menanggulangi kekurangan dan kelebihan barang tersebut.
4. Hitung ongkos yang ditimbulkan oleh setiap strategi dan pilih yang memberikan ongkos terkecil. Contoh berikut ini akan memberikan gambaran metode grafis ini.

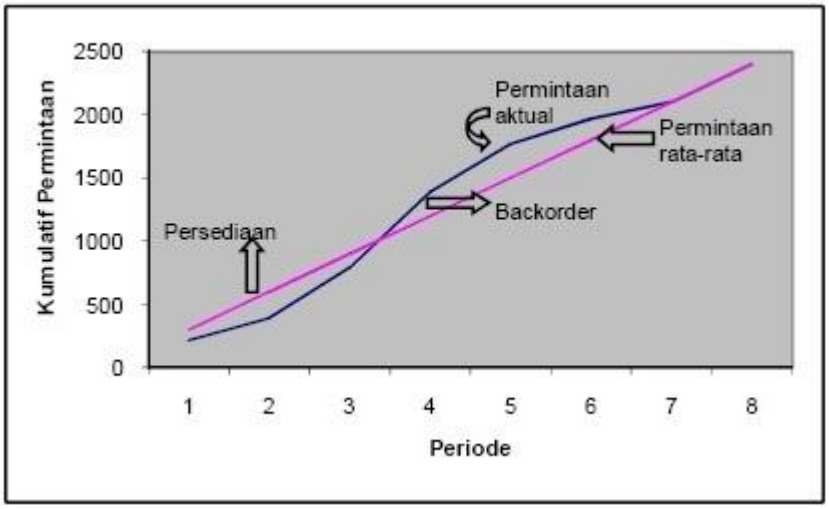
Perusahaan ABC telah meramalkan permintaan akan produknya secara agregatyang dapat diliihat pada Tabel 2.1. sebagai berikut :

Tabel 2.1. Permintaan akan Produk Secara Agregat

Periode	Permintaan	Kumulatif Permintaan
1	220	220
2	170	39-0
3	400	790
4	600	1390
5	380	1770
6	200	1970
7	130	2100
8	300	2400



Gambar 2.9. Kecepatan Produksi



Gambar 2.10. Histogram dan Kumulatif Permintaan

Histogram dan kumulatif permintaan di atas menggambarkan bagaimana permintaan menyimpang dari rata-rata kebutuhan. Dengan menggunakan strategi murni beberapa alternatif yang dapat dilakukan yaitu :

1. Alternatif 1 : Mengendalikan jumlah tenaga kerja

Alternatif ini melibatkan penambahan dan pengurangan jumlah tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan. Laju produksi akan sama dengan permintaan. Biaya rencana ini yaitu Rp 138.000,- (lihat tabel 2. 2)

Tabel 2.2. Pengendalian Jumlah Tenaga Kerja

Periode	Permintaan	Biaya Penambahan Tenaga kerja	Biaya Pengurangan Tenaga Kerja	Biaya total
1	220	-	-	-
2	170	-	500	500
3	400	23000	-	23000
4	600	20000	-	20000
5	380	-	33000	33000
6	200	-	27000	27000
7	130	-	10500	10500
8	300	17000	-	17000
Total				138000

2. Alternatif 2: Mengendalikan jumlah persediaan

Jika perusahaan tidak ingin melakukan perubahan jumlah tenaga kerja, maka strategi yang dapat dilakukan yaitu memproduksi dengan laju ratarata permintaan dan fluktuasi permintaan dipenuhi menggunakan persediaan. Rencana ini dihitung pada tabel 3 dan berdasarkan perhitungan di bawah, kekurangan maksimum sebesar 270 unit terjadi pada periode 5. Karena adanya ketidakpastian dalam peramalan maka kekurangan ini dipenuhi mulai dari periode pertama. Biaya rencana total Rp.96.500,-, (lihat tabel 2.3.)

Tabel 2.3. Pengendalian Jumlah Persediaan

Periode	Permintaan	Kumulatif Permintaan	Kecepatan Produksi	Kumulatif Produksi	Persediaan	Penyesuaian Persediaan (270 unit)	Biaya Persediaan
1	220	220	300	300	80	350	17500
2	170	390	300	600	210	480	24000
3	400	790	300	900	110	380	19000
4	600	1390	300	1200	-190	80	4000
5	380	1770	300	1500	-270	0	0
6	200	1970	300	1800	-170	100	5000
7	130	2100	300	2100	0	270	13500
8	300	2400	300	2400	0	270	13500
Total							96500

3. Alternatif 3: Subkontrak

Perusahaan menginginkan memproduksi sejumlah permintaan minimum dan sisa permintaan dipenuhi dengan subkontrak.Biaya rencana total Rp.108.000,- dihitung pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Subkontrak

Periode	Permintaan	Kecepatan Produksi	Subkontrak	Biaya Total
1	220	130	90	7200
2	170	130	40	3200
3	400	130	270	21600
4	600	130	470	37600
5	380	130	250	20000
6	200	130	70	5600
7	130	130	0	0
8	300	130	170	13600
Total				108300

4. Alternatif 4 : Strategi Hibrid

Strategi hibrid dilakukan dengan menggabungkan beberapa strategimurni dengan kebijaksanaan sebagai berikut :

1. Laju produksi konstan sebesar 200 unit/3 bulan dan dimungkinkan untuk melakukan lembur sebesar 25 % jika permintaan melebihi laju produksi.
2. Jika dengan lembur belum terpenuhi, penambahan-pengurangan tenaga kerja akan dilakukan. Perhitungan setiap langkah kebijaksanaan diatas dapat dilhat pada tabel 2.5, pada halaman disebelah sebagai berikut :

Tabel 2.5. Contoh Metode Hibrid

Periode	Permintaan	Produksi jam normal	Kebutuhan tambahan setelah jam normal	Produksi jam lembur	Kebutuhan setealah jam normal + lembur	Biaya persediaan	Biaya lembur	Biaya perubahan tenaga kerja	Total Biaya
1	220	200	20	50	-30	1500	1000	0	2500
2	170	200	-30		-30	3000	0	0	3000
3	400	200	200	50	150	0	1000	9000	10000
4	600	200	400	50	350	0	1000	26000	27000
5	380	200	180	50	130	0	1000	33000	34000
6	200	200	0			0	0	19500	19500
7	130	200	-70		-70	3500	0	0	3500
8	300	200	100	50	50	1000	1000	0	2000
Total									**101500**

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 2.5, biaya rencana total Rp 101500,-. Jika dilakukan analisa, subkontrak ternyata lebih murah dibandingkan melakukan penambahan pengurangan tenaga kerja. Berdasarkan hasil diatas, beberapa kombinasi strategi murni masih dapat dilakukan. Walaupun metode grafik tidak memberi solusi optimum, tetapi sangat membentuk sebagai pegangan untuk melakukan operasi harian.

2.3.8. Perencanaan Agregat Metode Tabular (model transportasi)

Metode transportasi digunakan untuk model program linier. Berikut ini akan dibahas suatu kasus menggunakan model transportasi dengan data-data :

Tabel 2.6. Permintaan dan Kapasitas

Permintaan

Periode	1	2	3	4
Permintaan	500	800	1700	900

Kapasitas

Periode	Jam Normal	Jam Lembur	Subkontrak
1	700	250	500
2	800	250	500
3	900	250	500
4	500	250	500

Persediaan awal : 100 unit

Persediaan akhir yang diinginkan : 150unit

Biaya jam normal : Rp 100/unit

Biaya jam lembur : Rp 125/ unit

Biaya Subkontrak: Rp 150/unit

Biaya Persediaan : Rp 20/unit/periode

Penyelesaian masalah menggunakan metode transportasi menghasilkan perencanaan produksi dengan biaya total Rp 445750.Tabel perhitungan dapat dilihat pada gambar 2.6, dibawah ini:

Tabel 2.6 Transportasi

Sumber \ Tujuan		Bulan 1	2	3	4	Kapasitas Tidak Terpakai	Kapasitas Tersedia
Bulan	Persediaan	0 100	20	40	60		
1	RT	100 400	120	140 300	160	-	1450
	OT	125	145	165	185	250	
	SK	150	150	150	150	500	
2	RT		100 800	120	140	-	1550
	OT		125	145 250	165	-	
	SK		150	150	150	500	
3	RT			100 900	120	-	1650
	OT			125 250	145	-	
	SK			150	150	500	
4	RT				100 500	-	1250
	OT				125 250	-	
	SK				150 300	200	
Permintaan		500	800	1700	1050	1950	**6000**

Keterangan :

1. Total Cost : 400 (100) + 300 (140) + 800 (100) + 250 (145) + 900 (100) + 250 (125) + 500 (100) + 350 (125)
2. Yang diproduksi adalah :

Tabel 2.7. rencana produksi

Periode	Rencana Produksi	Permintaan
1	700	500
2	1050	800
3	1150	1700
4	1250	900

Sistem produksi tidak Back Order seghingga kebutuhan pada periode I tidak mungkin dipenuhi oleh periode 2.

Jadwal Produksi induksinya adalah :

Kwartal I □ 700 unit

II □ 1050 unit

III □ 1150 unit

IV □ 1250 unit

2.3.9. Pengetahuan Mengenai Kapasitas

Kapasitas pabrik adalah jumlah produk yang dapat dibuat pada suatu periode waktu tertentu. Istilah kapasitas sendiri harus dilihat dari tiga perspektif agar lebih jelas. Kapasitas desain adalah keluaran maksimum pada kondisi ideal (tidak ada konflik penjadwalan, tidak ada produk rusak atau cacat, *maintenence* hanya yang rutin dan lain sebagainya). Kapasitas efektif menunjukkan keluaran maksimum pada tingkat operasi tertentu. Umumnya kapasitas efektif lebih rendah daripada kapasitas desain. Kapasitas aktual menunjukkan keluaran nyata yang dapat dihasilkan oleh fasilitas. Kapasitas aktual harus diusahakan sama dengan kapasitas efektif.

Perencanaan kapasitas ditujukan untuk mengetahui jumlah sumber daya yang dimiliki. Tujuan perencanaan kapasitas adalah melihat apakah pabrik mampu memenuhi permintaan pasar seperti yang diramalkan. Jika tidak maka harus

diputuskan apakah pabrik akan mempertinggi sumber daya yang dimilikinya. Kapasitas suatu pabrik dapat dipertinggi dengan cara:

- Pembangunan pabrik baru: Jika kapasitas pabrik yang ada pada saat ini diramalkan tidak mampu memenuhi permintaan pasar, maka perlu dipertimbangkan untuk mendirikan pabrik baru yang dapat memenuhi permintaan pasar. Pembangunan pabrik baru memiliki dimensi perencanaan yang panjang (5 tahun keatas).
- Penambahan mesin dan perkakas baru: Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kapasitas pabrik dalam jangka menengah (1 sampai dengan 5 tahun), untuk mengatasi peningkatan permintaan jangka menengah.
- Kebijaksanaan pemenuhan kebutuhan kapasitas jangka pendek: yang dilakukan untuk mengatasi kekurangan kapasitas yang mendesak. Tercakup didalamnya kebijaksanaan lembur, subkontrak dan lain sebagainya.

Dalam jangka pendek, pengadaan mesin dan pabrik baru tidak mungkin dilakukan. Untuk itu perusahaan harus melakukan berbagai macam kebijaksanaan untuk memenuhi permintaan dengan menggunakan lembur, variasi tenaga kerja, subkontrak, atau pembatalan *order*.

2.3.10. Satuan *Agregate*

Satuan *agregate* adalah satuan yang dapat mewakili berbagai macam produk sehingga total kebutuhan untuk produk-produk tersebut dapat dibandingkan dengan kapasitas fasilitas produksi yang tersedia. Dalam hal penyusunan jadwal induk produksi perlu diingat bahwa penggunaan satu fasilitas produksi memiliki dampak ongkos yang sama dan sulit untuk dibebankan pada tiap produk yang menggunakan fasilitas produksi tersebut. Adanya satuan agregat ini diperlukan mengingat berbagai *item* produk membutuhkan jam mesin dan waktu *setup* yang berlainan serta ongkos produksi yang digunakan secara bersama-sama.

Satuan agregat akan mewakili agregasi seluruh *item* produk sehingga permintaan total untuk kebutuhan selama satu kurun perencanaan dapat dihitung. Contoh yang

dapat dikemukakan ialah satuan agregat ton baja walaupun baja yang dihasilkan dapat berupa baja batangan, baja kawat, baja lembaran atau baja rol. Dalam hal satuan agregat ini dapat digunakan satuan unit *surrogate product* (produk yang mewakili) atau satuan jam orang atau satuan jam mesin.

Tujuan:

Membuat perencanaan produksi sesuai permintaan pasar dengan kriteria minimisasi biaya produksi.

2.3.11. Langkah Pelaksanaan Rencana Produksi

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam melakukan proses perencanaan produksi:

a. Tentukan batasan perencanaan produksi yang akan dilakukan. Cari informasi mengenai data yang dibutuhkan.
b. Tentukan standar satuan yang akan digunakan dalam perencanaan produksi.
c. Tentukan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam kurun perencanaan dengan kriteria ongkos minimum, dengan menggunakan alternatif 1 (tenaga kerja tetap), alternatif 2 (tenaga kerja sesuai *demand*), alternatif 3 (tenaga kerja *mix strategy*) dan alternatif 4 (transportasi).
d. Rencana jumlah produksi dalam agregat.
e. Jika item > 1, lakukan proses disagregasi sesuai dengan faktor konversinya.

Perencanaan produksi merupakan bagian dari rencana strategis perusahaan dan dibuat secara harmonis dengan rencana bisnis (*Bussiness Planning*) dan rencana pemasaran (*Marketing Planning*). Perencanaan produksi dapat diartikan menentukan tingkat/*rate* produksi pabrik yang dinyatakan secara *aggregate*.

Aggregate itu sendiri adalah perencanaan yang dibuat untuk seluruh produk yang menggunakan sumber yang sama, tanpa dirinci ke dalam masing-masing produk yang berbeda (*end item*). Dan tujuannya adalah:

a. Mengatur strategi produksi
    1. Memproduksi sesuai *demand*.
    2. Memproduksi pada kegiatan konstan.
b. Menentukan kebutuhan sumber daya yang meliputi tenaga kerja, material, fasilitas, peralatan dan dana.

c. Menjadi langkah awal bagi seluruh kegiatan produksi.

Karakter dari perencanaan produksi biasanya tidak rinci, rencana dibuat untuk famili atau kelompok produk. Dan satuan yang digunakan dapat berbeda antar satu perusahaan dengan perusahaan lainnya, seperti ton, galon waktu produksi standar, satuan uang, dan lainnya. Namun hal ini juga tergantung pada tipe bisnis apakah *Make to Order* atau *Make to Stock*.

Dalam menghadapi *demand* yang berfluktuasi, strategi metode perencanaan produksi agregat yang menghadapi meliputi:

1. Produksi bervariasi mengikuti tingkat *demand* yang terjadi, yaitu:
   a. Dengan menambah atau mengurangi tenaga kerja, atau mengubah jumlah *shift*.
   b. Dengan melakukan lembur atau mengurangi jumlah waktu kerja.
2. Produksi pada tingkat konstan, yaitu:
   a. Dengan menumpuk jumlah tenaga kerja, tetapi melakukan lembur atau mengurangi jumlah waktu kerja.
   b. Dengan menambah atau mengurangi sub-kontrak.
3. Kombinasi strategi-strategi diatas.
4. Strategi Hibrid.
5. Metode Program Linier (Transportasi).

Tabel-tabel yang digunakan:

Tabel 2.8. Format Strategi Hibrid

Periode	**HK**	***Demand***	**Produksi Jam Normal**	**Kebutuhan Tamabahan**	**Produksi Lembur**	**KSNL**	**Penambahan laju produksi**	**Pengurangan laju produksi**	**Inventori**
Jumlah									

Tabel 2.9. *Mix Strategi*

Periode (t)	Hari Kerja	*Demand (unit)*	RMH (jam orang))	TK yang Diperlukan	TK terpakai	UPRT (unit)	UPOT (unit)	*Hiring* (orang)	*Lay Off* (orang)	Inv. Akhir (unit)
Total										

Tabel 2.10. Kapasitas Strategi Transportasi

Periode	*Demand*	RT *Capacity*	OT *Capacity*	SC *Capacity*
Total				

Rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan *agregate*:

- Rencana Produksi = $\sum ramalan + INV - INV_{awal}$ ……(2.21)
- Kebutuhan Jam Orang = Rencana Produksi x Waktu Baku……(2.22.)
- Kebutuhan Tenaga Kerja = $\frac{Kebutuhan\ Jam\ Kerja}{\sum HK \times JK / hari}$.....(2.23.)
- Jam Kerja = $\frac{\sum Demand \times WB}{\sum HK \times JK}$.....(2.24.)
- RMH = $TK \times HK_t \times JK$.....(2.25.)
- *Regular Time* = $\frac{RMH}{Kebutuhan\ Jam\ Orang / unit}$.....(2.26.)
- *Inventory* Akhir = $UPRT - Demand + Inventory_{t-1}$.....(2.27.)
- Kolom tenaga kerja yang diperlukan= $\frac{Kebutuhan\ \ Jam\ Orang}{HK_t \times JK / hari}$.....(2.28.)
- *Total Supply* = $\sum UPRT + \sum UPOT + \sum UPCS$ ……(2.29.)

  Ending Inventory = $Total\ \ Supply - Demand + Inventory_{t-1}$.....(2.30.)

2.4. Disagregasi

Tujuan:

Menyusun tabel disagregasi yang digunakan untuk menghitung RCCP.

Langkah Pelaksanaan:

a. Tentukan faktor konversi dan harga proporsi masing-masing *end item*.
b. Buat disagregasi berdasarkan harga proporsi masing-masing *item* dengan menggunakan metode *family set up*.

Proses disagregasi adalah proses penyamaan (*generalisasi*) dari satuan *aggregate* kedalam satuan *end item* berdasarkan *factor konversi*. Proses disagregasi sebagai proses merubah hasil rencana *agregate* menjadi jumlah yang harus diproduksi untuk setiap produk atau *item*, hasil disagregasi ini berupa jadwal induk produksi/MPS. Tujuan dari proses disagregasi adalah untuk menyusun jadwal induk produksi (MPS), setelah diketahui jadwal produksi *aggregate*-nya. Dengan kata lain proses disagregasi adalah proses perencanaan yang dibuat untuk seluruh produk yang menggunakan unsur yang sama dan dirinci kedalam masing-masing produk yang berbeda.

Menggunakan aturan-aturan tertentu untuk memperoleh solusi yang baik tidak ada jaminan bahwa solusi itu optimum. Yang termasuk kedalam metode ini adalah:

- Model koefisien manajemen.
- Model *parametric.*
- *Searth decision rules.*
- Model *programa linier*.
- Model transportasi.
- Model *programa integer* campuran.
- *Linier decision rule.*

Hasil yang diperoleh dari proses *disagregasi* adalah:

a. *Demand* tiap *end item.*
b. *On hand* tiap *end item.*
c. *Master Production Schedule.*

Metode yang digunakan dalam proses disagregasi, adalah:

- Metode *Heuristik.*
- Metode *Analitik.*
- *Linier Progrmming method.*
- *Integer Programming method.*
- *Family Set Up Method.*

Tabel-tabel yang digunakan:

Tabel 2.11. Tabel Disagregasi

Family (I0)	*Item* (J)	*Inventory* (Iij t-1)	*Demand* (Dij.t)	Konversi (Kij)	$K_{ij} - D_{ij\ t}$

***Family* (I0)**	***Item* (J)**	***Inventory* (Iij t-1)**	***Demand* (Dij.t)**	***Safety Stock*(Sij)**	***Expected Quantity* (Iij t-1-Dij t)**	**Konversi (Kij)**	**Status**

Metode-metode dalam disagregasi:

A. Pendekatan *Hax and Meal,* dimana *Hak and Meal* membagi produk kedalam tiga tingkatan:
   - *Item*
     - Produk akhir yang digunakan konsumen.

- Tingkat terendah dalam struktur produk.
- Suatu jenis produksi mungkin terdiri atas banyak *item* yang dibedakan dari warna, kemasan, etiket, merek, dan lain-lain.

- Keluarga (*Family*)

Yaitu sekelompok *item* yang menaggung secara bersama ongkos *setup* bila suatu mesin sudah disiapkan untuk membuat suatu *item* dari suatu keluarga yang sama dapat diproduksi, dengan melakukan perubahan kecil pada saat *setup*.

- *Tipe*

Yaitu kelompok beberapa *family* yang memiliki ongkos produksi persatuan yang sama. Berikut contoh dari *tipe*:

- Ongkos buruh langsung.
- Ongkos simpan.
- Jumlah produk per satuan waktu dan sebagainya.

B. Pendekatan *Britian and Hax,* Prosedur *disagregasi Britian and Hax* terdiri atas:

- Memilih *family* produk yang akan diproduksi pada periode yang bersangkutan. Suatu *family i* produk akan diproduksi bila salah satu *item* j dari *family i* tersebut, memenuhi syarat berikut:

$$I_{ij} = t - 1 - D_{ijt} \le SS_{ij} \text{.....(2.31)}$$

dimana:

I_{ij-1} = Tingkat persediaan pada akhir periode t-1 dari *item* j *family* i

D_{ijt} = Permintaan *item j family I* pada *periode t.*

SS_{ij} = Cadangan pengaman *item j* dalam *family i.*

- Menentukan jumlah yang akan diproduksi dari *family* yang terpilih dengan model *Knapsack.*

$$MinZ = \sum \frac{Hi.Xi}{2} + \frac{Si}{\chi i} . \sum K_{ij} \cdot D_{ijt} \text{.....(2.32.)}$$

Dimana:

Hi = *Holding cost* untuk *item j* dalam *family*

χi = Jumlah unit *family i* yang diproduksi

Si = Ongkos *setup* untuk *family i*

Xi = *Faktor konversi* untuk *item j* dalam *family i* terhadap unit produk *agregate.*

D_{ij} = *Demand* untuk *item j* dalam *family i* selama masa produk *t*

Z = *Set* dari *family* yang akan diproduksi

- Batas bawah:

$$LBi = \sum_{\forall JEi} MAX\left[D \cdot K_{ij}\left(D_{ijt-1} + SS_{ij}\right)\right] \text{.....(2.33)}$$

Batas bawah bila dikehendaki ada *safety stock*

- Batas atas:

$$UBi = \sum_{\forall JEi} K_{ij}\left[\left(\sum_{k=0}^{n-1} D_{ij} \cdot t_{tk}\right) - I_{ijt-1} + SS_{ij}\right] \text{.....(2.34.)}$$

Batas atas bila tidak diinginkan, akan mengakibatkan *akumulasi inventory* terlalu banyak. Batas atas dan batas bawah bisa diabaikan bila tidak dikehendaki atau tidak sesuai rencana produksi. Bila dikehendaki ada batas, dan $\sum_{\forall iEZ} LBi \le X^* \le \sum_{\forall iEZ} UBi$.....(2.35.)

C. Rencana yang lebih tinggi menjadi pembatas atau kendala bagi rencana tingkat rendah.

D. *Agregate* taktis (operasional)

2.4.1. *Algoritma Disagregasi Family*

Buat B = 1, P^{+}, Z^{1}= untuk iterasi 1

- Langkah 1

  Hitung untuk semua iEZ

$$Y_1^B = \frac{\sqrt{Si\sum_{\forall jEi}(K_{ij}.D_{ijt})}}{\sum_{iEZ}\sqrt{Si\sum_{\forall jEi}(K_{ij}.D_{ij-t})}} \times P^B \text{.....(2.36.)}$$

- Langkah 2

Untuk Setiap $i \in Z^1$ jika Lbi ≤ Ubi maka buat $Y_2^* = Y_1^B$ untuk *family* lain teruskan ke langkah 3

- Langkah 3

Bagi *family* lain ke dalam 2 kelompok

$Z_+^B = \{ i \in Z^B ; Y_1^B > UB_i \}$ set dari semua *family* dimana $Y_1^B > UB_i$

Hitung:

$$\Delta^+ = \sum_{i \in Z^1}(Y_1^B - UB_1) \quad \text{.....(2.37.)}$$

- Langkah 4

- Bila $\Delta^+ \geq \Delta^-$, buat $Y_i^B = UB_i$ untuk semua $i \in Z_+^B$.
- Bila $\Delta^+ < \Delta^-$, buat $Y_i^B = UB_i$ untuk semua $i \in Z^B$.
- Buat B = B+1.
- $Z^{B+1} = Z^B$ (semua *family* yang Y_i^B telah diperoleh).
- $P^{B+1} = P^B - Y_i^B$ (untuk semua i yang dijadwalkan dalam interasi B).
- Bila $Z^{B+1} = 0$ (*stop*).
- ≠ 0 → kembali kelangkah 1 (interasi ke 2).

2.4.2. *Algoritma Disagregrasi Item*

- Langkah 1

  Untuk semua *family* i yang diproduksi, tentukan periode N, dimana:

$$Y_i^B < \sum_{\forall JEi} K_{ij}\left[\sum_{n-1}^{N} D_{ijn} + SS_{ij} - I_{ijt-1}\right] \quad \text{.....(2.38.)}$$

- Langkah 2

$$E_i = \sum_{\forall JEi} K_{ij}\left[\sum_{n-1}^{N} D_{ijn} + SS_{ij} - I_{ijt-1}\right] - Y_i^+ \quad \text{.....(2.39.)}$$

- Langkah 3

  Untuk semua *item* di dalam *family*, hitung jumlah produksi dengan cara:

$$Y_{ij}^* < \sum_{N-1}^{N} D_{ij} + SS_{ij} - I_{ijt} = \frac{E_i.D_{ijn}}{\sum_{\forall j \in i} K_{ij}.D_{ijn}} \quad \text{.....(2.40.)}$$

Bila $Y_{ij}^B < 0$ untuk setiap *item*, misalnya i=9 maka buat $Y_{ij}^B = 0$ hitunglah item 9 dari *family* dan persamaan di atas. Ulangi langkah 3.

- Rencana yang lebih tinggi menjadi pembatas atau kendala tingkat rendah.
- *Agregate Tantis*

Langkah-langkah dalam proses *disagregasi family set-up* yaitu sebagai berikut:

- Memilih *family* yang akan diproduksi

  Dengan syarat: $I_{ij,t-1} - R_{ij,t} < S_{ij}$ .....(2.41.)

  Untuk setiap *item i, family j* dimana:

  $R_{ij,t}$ = konstan *forecast demand* dari *item i, family j* selama periode t

  S_{ij} = *safety stock* untuk *item i, family j*

  Hal diatas menjamin persediaan akhir $I_{ij,t-1}$ dari tiap *item* dalam sebuah *family* tidak jauh dibawah *safety stock* pada akhir periode.

- Menentukan jumlah yang harus diproduksi yang bersifat sementara (q*ij) untuk tiap *item*. Tentukan jadwal pembuatan produk yang optimal.

$$T * j = \sqrt{2K_j / \sum h_{ij} * R_{ij}} \quad \text{.....(2.42.)}$$

Ekspetasi jumlah *item* yang harus diproduksi termasuk untuk memenuhi *safety stock*:

$D_{ij} = I_{ij,t-1} - R_{ij,t} - S_{ij} = I_{ij,t-1\ t} - S_{ij}$……..(2.43.)

Jumlah *item* I yang harus dibuat untuk *family* j adalah:

$q^*ij = \max (T_j^* R_{ij} – d_{ij},0)$……...(2.44.)

- Menyesuaikan jumlah *item* yang harus dibuat:

  $q^*total = \sum_{ij}^* q_{ij}^* m_{ij}$…….(2.45.)

  dimana:

  m_{ij} = faktor konversi dari tiap unit produksi *agregate* untuk tiap *item* i *family* j.

- Penyesuaian akhir untuk jumlah *item* yang harus diproduksi :

  $q^*_{ij}(Adj) = q^*_{ij} + R_{ij}^*(P- q^*total)/(\sum R_{ij}^* m_{ij})$……..(2.46.)

  dimana:

  P = total *output* rencana produksi periode t

2.4.3. Format Disagregasi

Tabel 2.12. Tabel Format Disagregasi

Family (i)	*Item* (j)	*Inv*.Akhir (Iij.t-1)	*Demand* (Dij.t-1)	*SS* (Sij)	*EQ* (Iij.t-1 – Dij.t-1)	Konversi (Kij)	Status	Kij * Dij
T^*_{ij}	Q^*_{ij}	m_i	$q_{ij}^*.m_{ij}$		$q^*_{ij}(Adj)$	$Q^*_{ij}(Adj)$	$I_{ij}(Adj)$	

2.5. *Rough Cut Capasity Planning* (RCCP)

RCCP (perencanaan kapasitas kasar) ini termasuk dalam perencanaan kapasitas jangka panjang. RCCP menentukan kebutuhan kapasitas yang diperlukan untuk melaksanakan MPS. *Horizon* waktu atau MPS, biasanya 1 sampai dengan 3 tahun. Berikut ini akan diperkenalkan tiga teknik RCCP (*Rough Cut Capasity Planning*), yaitu:

- Pendekatan *Total* faktor *(Capacity Planning Using Overall Factor Approach).*
- Pendekatan daftar tenaga kerja (*Bill Of Labour Approach* = BOLA).
- Pendekatan profil sumber (*Resource Profile Approach* = RPA).

2.5.1. CPOF *(Capacity Planning Overall Factor)*

CPOF membutuhkan tiga masukan yaitu MPS, waktu total yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk dan proporsi waktu penggunaan sumber. CPOF mengalikan waktu total tiap *family* terhadap jumlah MPS untuk memperoleh total waktu yang diperlukan pabrik untuk mencapai MPS. Total waktu ini kemudian dibagi menjadi waktu penggunaan masing-masing sumber dengan mengalikan total waktu terhadap proporsi penggunaan sumber.

2.5.2. BOLA *(Bill Of Labour Approach)*

Jumlah kebutuhan kapasitas yang diperlukan diperoleh dengan mengkalikan waktu tiap komponen yang tercantum pada daftar tenaga kerja dengan jumlah produk dari MPS. Jika perusahaan mempunyai lebih dari satu produk *lead time* tiap bagian harus ditentukan jumlah produk per-stasiun kerja.

2.5.3. RPA (*Resource Profile Approach*)

Merupakan teknik perencanaan kapasitas kasar yang paling rinci tetapi tidak serinci perencanaan kebutuhan kapasitas CRP (*Capacity Requirement Planning*).

2.6. *Load Lavelling*

Selanjutnya hasil–hasil dari *Rough Cut Capacity Planning (*RCCP*)* ditampilkan dalam suatu diagram yang dikenal sebagai *load profile. Load Profile* ini merupakan metode yang umum dipergunakan untuk menggambarkan kapasitas yang dibutuhkan *versus* kapasitas yang tersedia. Dengan demikian *load profile* didefinisikan sebagai tampilan dari kebutuhan kapasitas diwaktu mendatang berdasarkan pesanan–pesanan yang direncanakan dan dikeluarkan sepanjang suatu periode waktu tertentu. Sebelum melaksanakan produksi, diusahakan agar kapasitas yang dibutuhkan kira–kira sama dengan kapasitas yang tersedia.

Load Leveling disini berupa grafik perbandingan antara kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia. *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP) menetapkan kapasitas yang dibutuhkan untuk menghasilkan *master schedule* (MS). Perencanaan ini lebih spesifik bila dibandingkan dengan informasi dari

resource planning, karena *master schedule* memerlukan penjadwalan yang lebih spesifik bagi setiap *end item*nya, dimana *productian planning* telah dihitung berdasarkan *product families*.

Rough Cut Capacity Planinng memperlihatkan bagaimana opretor dan jam mesin ditetapkan bagi setiap departemen atau *work centre* setiap periodenya. *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) adalah suatu perencanaan kapasitas yang diperlukan untuk setiap *work centre* per periode berdasarkan *Master Production Schedule* (MPS) atau *Master Schedule* (MS), dimana kapasitas yang dihasilkan adalah kapasitas yang diperlukan untuk setiap *end item*, hasil dari RCCP ini berupa jumlah orang/mesin yang diperlukan untuk tiap *work centre* pada setiap periode. RCCP ini merupakan bahan pertimbangan untuk penambahan *Total* atau subkontrak.

Perencanaan ini lebih spesifik bila dibandingkan dengan informasi *resource planning*, karena MPS memerlukan penjadwalan yang lebih spesifik bagi setiap *end item*, dimana *production planning* telah dihitung berdasarkan *product families*. RCCP memperlihatkan bagaimana operator dan jam mesin ditetapkan bagi setiap *department* atau *work center* setiap periodenya.

$$\textit{Standard Hours} = RT + \left(\frac{ST}{LS}\right) \quad \ldots\ldots \quad (2.47.)$$

RCCP = MS x *Std.Hours* …….. (2.48.)

Output dari RCCP yaitu dimana kita mendapatkan jumlah kapasitas yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu produk, yang kemudian akan dibuat suatu *Load Leveling* yaitu merupakan perbandingan dari kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia dalam bentuk grafik.

Tabel 2.13. Perbedaan Antara Rencana Produksi dan MPS

NO	*Description*	Rencana Produksi	Jadwal Induk Produksi (MPS)
1	Definisi	Tingkat produksi berdasarkan kelompok atau *family.*	*Anticipated build schedule*.
2	*Item* yang direncanakan (BOM)	Tingkat produksi berdasarkan *family* atau kelompok produk.	Produk akhir atau *item* spesifikasi dalam *bill of material* (BOM).
3	*Horizon* perencanaan	Sumber daya dengan waktu tunggu terpanjang *(longest lead time).*	Waktu tunggu kumulatif (*cumulatif lead time*) untuk komponen.
4	Batasan –batasan	Kapasitas peralatan dan pabrik dan material.	Rencana produksi, kapasitas.
5	Hubungan	Agregasi MPS.	*Disagregas*i rencana produksi.

Dalam membuat RCCP kita harus memiliki data–data yang berhubungan dengan pembuatan RCCP itu sendiri. Dari informasi–informasi yang ada, barulah kita dapat membuatnya. Informasi–informasi tersebut salah satunya yang paling mempengaruhi yaitu informasi dari *master production schedule* (MPS).

2.7. *Master Production Schedule* (MPS)

Pada dasarnya jadwal produksi induk *master production schedule* (MPS) merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir (termasuk *parts* pengganti suku cadang) dari suatu perusahaan industri manufaktur yang merencanakan memproduksi *output* berkaitan dengan kuantitas dan periode waktu.

MPS mendisagregrasikan dan mengimplentasikan rancana produksi. Apabila rencana produksi yang merupakan hasil dari proses perencanaan produksi (aktivitas pada *level* 1 dalam hieraki perencanaan prioritas) yang dinyatakan dalam bentuk *argegate*, maka MPS yaitu hasil dari proses penjadwalan produksi induk yang dinyatakan dengan konfigurasi spesifik dengan nomor-nomor *item* yang ada dalam *Item master and* BOM *(Bills Of Material).*

Aktivitas penjadwalan produksi induk pada dasarnya berkaitan dengan bagaimana menyusun dan memperbaharui jadwal produksi induk, memproses transaksi dari MPS, memelihara catatan-catatan MPS, mengevaluasi efektifitas dari MPS dan memberikan laporan evaluasi dalam periode waktu yang teratur untuk keperluan umpan balik (*feed back*) dan tijauan ulang.

Berdasarkan uraian di atas kita mengetahui bahwa MPS berkaitan dengan pernyataan tentang produksi dan bukan pernyataan tentang permintaan pasar. MPS sering didefinisikan sebagai *anticipaded build schedule* untuk *item-item* yang disusun oleh perencana jadwal produksi induk (*Master Scheduler*) MPS membentuk jalinan komunikasi antara bagian pemasaran dan bagian manufakturing, sehingga bagian pemasaran seharusnya juga mengetahui informasi yang ada dalam MPS terutama berkaitan dengan ATP (*Available To Promise*) agar dapat memberikan janji yang akurat kepada pelanggan.

Berikut beberapa fungsi MPS:

- Menjadwalkan produksi dan *order* pembelian untuk *item-item* MPS.
- Menyediakan atau memberikan *input* dasar bagi sistem MRP.
- Menjadi dasar bagi penentu kebutuhan sumber daya (tenaga kerja, jam mesin, dan lain-lain) melalui RCCP.
- Menjadi dasar dalam membuat janji pengiriman (*Delivery Promises*) pada konsumen.

Berikut beberapa tujuan MPS:

- Melalui target tingkat pelayanan terhadap konsumen.
- Efisiensi penggunaan sumber daya produksi.
- Mencapai target tingkat produksi.

Penjadwalan produksi disetiap perusahaan dapat berbeda, maka berdasarkan hal ini terdapat tiga jenis perusahaan, yaitu:

1. *Make to Stock Company*

   Produk diramalkan, direncanakan, diproduksi dan disimpan terlebih dahulu sebelum perusahan menerima pesanan dari pelanggan. Dengan demikian *lead time* antara menerima pesanan dan pengirimannya cukup pendek. Rencana

produksi ditekan sebagai laju produksi, sedangkan MPS dinyatakan dalam nomor *part* dari *item* akhir yang akan diproduksi.

2. *Make to Order Company*

   Dalam perusahaan seperti ini, produksi tidak dijadwalkan sampai ada pesanan dari pelanggan, sehingga *lead time* antara waktu menerima pesanan dan pengirimannya cukup panjang, contohnya adalah pabrik pembuatan pesawat terbang.

3. *Assembly to Order Company*

   Perusahaan seperti ini membuat komponen dan sub *assembly* produk akhir sampai ada pesanan dari pelanggan. Penjadwalan dilakukan dalam dua fase, yaitu fase *master scheduling* untuk membuat komponen dan produk sub *assembly*. Fase *assembly* produk akhir merupakan tahap *assembly* komponen dan produk sub *assembly* menjadi produk akhir, contohnya adalah pabrik mobil.

Berikut informasi-informasi yang dibutuhkan untuk membuat MPS:

- *Production plan.*
- *Demand* data.
- *Inventory status.*
- *Ordering policy.*

2.8. Lotting

Tujuan:

Untuk menentukan jumlah pesanan dan untuk meminimumkan ongkos simpan.

Langkah Pelaksanaan:

Melakukan perhitungan dengan berbagai metode yang terdapat dalam *Lotting*.

Proses *lotting* ialah proses untuk menentukan besarnya pesanan yang optimal untuk masing-masing *item* produk berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan bersih. Proses *lotting* erat hubungannya dengan penentuan jumlah komponen/*item* yang harus dipesan/disediakan. Ukuran *lot* berarti jumlah item yang harus dipesan/dibuat, dikaitkan dengan besarnya ongkos-ongkos persediaan, seperti

ongkos-ongkos pengadaan barang (ongkos *set-up*), ongkos simpan, biaya modal dan harga barang itu sendiri.

2.8.1. *Lot Sizing*

Adalah proses menenetukan ukuran/jumlah pemesanan. Pemesanan sudah harus tersedia diawal periode produksi. Metode *Lot Sizing*:

a) Lot for lot.
b) Jumlah pesanan ekonomis (EOQ = *Economic Order Quantity*).
c) Jumlah pesanan tetap (*Fixed Order Quantity*).
d) Jumlah pesanan periode (*Period Order Quantity*).
e) Kebutuhan periode tetap (*Fixed Period Requirement*).
f) Ongkos unit terkecil (*Least Unit Cost*).
g) Pendekatan ongkos minimum per periode (*Least Period Cost = Metode Silver-Meal*).

2.8.2. *Lot For Lot*

Teknik ini merupakan teknik paling sederhana dari semua teknik ukuran *lot* yang ada. Penggunaan teknik ini bertujuan untuk meminimumkan ongkos simpan, sehingga ongkos simpan menjadi nol. Oleh karena itu sering sekali digunakan untuk *item-item* yang mempunyai harga/unit sangat mahal. Tekniknya "*lot* pesanan dibuat sama dengan *net requirement*".

Metoda *lot for lot ini* merupakan metoda yang paling sederhana dari semua metoda yang ada. Pada metoda ini, *item* dibeli dengan kuantitas dan pada saat yang sesuai dengan kebutuhan (*demand*), sehingga metoda ini tidak menimbulkan persediaan tetapi mengabaikan ongkos pesan. Penentuan *lot size* dengan menggunakan metoda *lot for lot* ini dilakukan atas dasar pesanan diskrit. Metoda ini selalu melakukan perhitungan kembali, terutama jika terjadi perubahan pada kebutuhan bersih.

Metoda ini bertujuan untuk meminimumkan ongkos simpan, oleh karena itu dengan metoda ini tidak akan ada persediaan, sehingga total ongkos simpanpun

tidak ada. Metoda ini sering digunakan untuk *item–item* yang mempunyai harga per unitnya sangat mahal, juga apabila dilihat dari kebutuhan yang mempunyai sifat diskontinu atau tidak teratur, metoda ini mempunyai kemampuan yang baik juga sering digunakan pada sistem produksi manufaktur yang mempunyai *set-up* permanen pada proses produksinya.

Karakteristik dari teknik *lotting* ini diantaranya:

- Merupakan pendekatan yang paling sederhana.
- *Item* dibeli dengan kuantitas dan pada saat yang sesuai dengan kebutuhan.
- Tidak menimbulkan persediaan tapi mengabaikan ongkos pesan.
- Cocok untuk *item* yang harganya sangat mahal atau jika *demand* terjadi hanya sesekali. Juga cocok diterapkan pada proses perakitan yang bervolume besar dan *continue.*

2.8.3. Jumlah Pesanan Ekonomis (EOQ)

Lot pesanan dibuat sama dengan EOQ dimana $EOQ = \sqrt{\frac{2A\lambda}{h}}$.....(2.49.)

A = ongkos pesanan (*set-up-cost*)

λ = rata-rata *demand* per periode

h = ongkos simpan

2.8.4. Jumlah Pesanan Tetap (*Fixed Order Quantity*)

Ukuran *lot* pesanan dibuat jumlahnya tetap setiap saat tetapi periode pemesanannya selalu berubah. Penetapan jumlahnya sendiri dilakukan semau kita, *intuitive*, faktor-faktor empirik, sesuai dengan pengalaman kita. Metoda FOQ menggunakan kuantitas pemesanan yang tetap yang berarti ukuran kuantitas pemesanan (*lot size*) adalah sama untuk setiap kali pemesanan. Ukuran *lot* tersebut ditentukan secara sembarangan atau berdasarkan faktor-faktor empiris, misalnya menggunakan jumlah kebutuhan bersih tertinggi sebagai ukuran *lot*nya. Langkah-langkah pengerjaan metode FOQ adalah sebagai berikut:

Menentukan *Quantity*

- *Quantity* ditentukan oleh pihak perusahaan atau oleh *suplier*.

- Menentukan periode pemesanan.

2.8.5. Jumlah Pesanan Periode (*Period Order Quantity*)

Penerapan *lot size* dengan menggunakan metoda *Periodic Order Quantity* (POQ) ini perhitungannya didasarkan pada metoda *Economic Order Quantity* (EOQ) kemudian dimodifikasi agar dapat dipakai pada periode permintaan yang bersifat diskrit. Dengan mengambil dasar perhitungan pada metoda EOQ tentunya dapat diperoleh mengenai besarnya jumlah pesanan yang harus dilakukan dan interval periode pemesanannya. Dibandingkan dengan metoda EOQ, metoda ini akan memberikan ongkos simpan yang lebih kecil dengan ongkos pesan yang sama. Kesulitan yang dihadapi dalam metoda ini adalah bagaimana menentukan besar kecilnya interval periode pemesanan apabila sifat kebutuhannya adalah diskontinu. Penerimaan *order* hanya dilaksanakan pada periode dengan *demand* yang positif, artinya jika pada suatu periode penerimaan tidak ada *demand*, maka penerimaan *order* disatukan pada periode terdekat dengan *demand* yang positif.

Pada POQ ini ukuran *lot* bervariasi untuk memenuhi *demand* selama peiode waktu yang ditetapkan. Periode waktu yang ditetapkan dihitung seperti menentukan *Economic Order Interval* (EOI) tetapi dengan menggunakan tingkat *demand* rata-rata. Ukuran *lot* adalah total *demand* untuk selama EOI atau selang waktu pemesanan.

Karakteristik dari teknik *lotting* ini diantaranya:

- Ukuran *lot* bervariasi untuk memenuhi *demand* selama periode waktu yang ditetapkan.
- Periode waktu yang ditetapkan dihitung seperti menentukan EOI (*Economic Order Interval*), tetapi dengan menggunakan tingkat *demand* rata-rata.
- Ukuran *lot* adalah total *demand* untuk selama EOI.

$$EOI = \frac{EOQ}{R} = \sqrt{\frac{2C}{RxFxP}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.50.)$$

R = Tingkat *demand* rata-rata per periode

- Penerimaan *order* hanya dilaksanakan pada periode dengan *demand* positif, artinya jika pada suatu periode penerimaaan tidak ada *demand*, maka penerimaan *order* disatukan pada periode terdekat dengan *demand* positif.

Jumlah *lot* pesanan berdasarkan jumlah *lot* yang dapat memenuhi JPP periode dari *net requirement*.

$$JPP = T \cdot \frac{EOQ}{D} \text{.....(2.51.)}$$

Dimana:

JPP = Jumlah pesanan periode
EOQ = Jumlah pesanan ekonomis
D = Total kebutuhan
T = Banyaknya periode

Dalam hal menentukan i*nterval* periode, seandainya ada beberapa periode yang bernilai nol maka penentuan *interval* periode dilewati untuk yang bernilai nol.

2.8.6. Pendekatan Ongkos Minimum Per Periode (*Metode Silver-Meal*)

Tujuan dari metode ini adalah untuk meminimasi ongkos total periode. Ukuran *lot* ditentukan dengan cara menjumlahkan kebutuhan berapa periode yang berturut-turut sebagai ukuran *lot* yang *tentative*, penjumlahan dilakukan terus sampai ongkos total (ongkos pesanan dan ongkos simpan) dibagi dengan banyaknya periode yang *net req-nya* termasuk dalam ukuran *lot tentative* tersebut meningkat. Maka besarnya ukuran *lot* yang sebenarnya adalah ukuran *lot tentative* akhir yang ongkos total per periodenya masih menurun.

Ongkos total per periode $C(L) = \dfrac{A + \left(h \cdot \sum_{t=T}^{L} (t - T) dt \right)}{P}$ .....(2.52.)

Dimana:

A = Ongkos pesan.
h = Ongkos simpan.
dt = Kebutuhan pada periode t.

t = Periode awal dimana *lot tentative* mulai dihitung.

T = Periode ke-t.

L =Periode terakhir yang *net req*-nya termasuk dalam *lot tentative.*

P =Jumlah periode yang *net req*-nya termasuk dalam *lot tentative.*

Algoritma dari *Metode Silver-Meal* ini adalah:

- Langkah 1

  Tentukan ukuran *lot tentative* dimulai dari periode T. Ukuran *lot tentative* = dt, *net req*. pada periode T. Hitung ongkos total perperiodenya.

- Langkah 2

  Tambahkan kebutuhan pada periode berikutnya pada *lot* tersebut. Kemudian hitung ongkos total per periodenya.

- Langkah 3

  Bandingkan ongkos total per-periode sekarang dengan yang sebelumnya, jika $C(L) \leq C(L-1)$ kembali ke langkah 2 dan $C(L) > C(L-1)$ lanjutkan ke langkah 4.

- Langkah 4

  Ukuran *lot* pada periode $T = \sum_{t=T}^{l-1} dt$

- Langkah 5

  Sekarang T=L, jika akhir dari *horizon* perencanaan telah dicapai, hentikan algoritma, jika belum, kembali ke langkah 1.

Metoda Algoritma *Silver Meal* ini merupakan algoritma heuristik yang prinsipnya adalah memilih sautau ukuran *lot* yang meliputi kebutuhan untuk sejumlah periode, sehingga total ongkos yang relevan yang (TCR) per periode waktu minimum. Dimana ongkos-ongkos yang relevan adalah ongkos pemesanan dan ongkos simpan. Merupakan algoritma *heuristic* yang prinsipnya adalah memilih suatu ukuran *lot* yang meliputi kebutuhan untuk sejumlah periode, sedemikian sehingga total ongkos (ongkos pesan dan pesan) per periode waktu minimum.

Dalam hal ini, ongkos-ongkos yang relevan terdiri dari ongkos pemesanan dan ongkos simpan.

Jika suatu pesanan tiba pada awal periode pertama dan pesanan itu meliputi kebutuhan hingga akhir periode T, maka fungsi kriterianya dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{\text{TRC(T)}}{\text{T}} = \frac{\text{C} - \text{Total Ongkos Simpan Hingga Akhir PeriodeT}}{\text{T}}$$

$$\frac{TRC(T)}{T} = \frac{C - FP\sum_{k=1}^{T}(K-1)R_k}{T} \quad \text{.....(2.53.)}$$

T = Waktu *Supply* dilakukannya pemenuhan (dalam periode).

Rk = Tingkat kebutuhan pada periode k.

TRC (T) = Total ongkos relevan selama T periode.

Tujuannya adalah untuk memilih T yang meminimumkan total ongkos relevan per unit waktu. Caranya adalah dengan mengevaluasi beberapa harga T hingga diperoleh:

$$\frac{TRC(T-1)}{T-1} = \frac{TRC(T)}{T} \text{.....(2.54.)}$$

- Jika total ongkos relevan per unit waktu mulai naik pada T + 1 maka T dipilih sebagai jumlah periode *supply* untuk pemenuhan pesanan dengan ukuran:

$$Q = \sum_{k=1}^{T} R_k \text{.....(2.55.)}$$

- Algoritma ini akan memberikan hasil yang kurang baik jika menghadapi persoalan yang:
  a) Tingkat *demand* menurun tajam selama beberapa periode.
  b) Ada banyak periode dengan *demand* = 0.

Tujuan dari metoda ini adalah memilih *T* yang meminimumkan total ongkos relevan per unit per waktu. Penetapan ukuran *lot* dengan metoda ini dilakukan dengan cara menjumlahkan kebutuhan pada suatu periode yang berurutan ke dalam suatu *lot tentative* sampai ongkos simpan yang terjadi sama dengan atau hampir sama dengan ongkos pesannya. Ukuran *lot*-nya adalah ukuran *lot tentative*

yang terakhir yang mengakibatkan ongkos simpan lebih besar atau sama dengan ongkos pesannya.

Karakteristik dari teknik *lotting* ini diantaranya:

- Merupakan algoritma *heuristic* yang prinsipnya adalah memilih suatu ukuran *lot* yang meliputi kebutuhan untuk sejumlah periode, sedemikian sehingga total ongkos-ongkos yang relevan (TRC) per periode waktu (yang terliput oleh ukuran *lot* itu) minimum.
- Dalam hal ini ongkos-ongkos relevan terdiri dari ongkos pemesanan dan ongkos simpan.
- Jika suatu pesanan tiba pada awal periode pertama dan pesanan itu meliputi kebutuhan hingga akhir periode ke T, maka fungsi kriterianya dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{\mathrm{TRC(T)}}{\mathrm{T}} = \frac{\mathrm{C - TotalOngkosSimpanHinggaAkhirPeriodeT}}{\mathrm{T}}$$

$$\frac{TRC(T)}{T} = \frac{C + FP\sum_{K=1}^{T}(k-1)Rk}{T} \quad \text{.....(2.56.)}$$

Dimana:

T = Waktu *supply* dilakukannya

Rk = Tingkat kebutuhan pada periode k

TCR (T) = Total ongkos relevan selama T periode.

- Tujuannya adalah untuk memilih T yang meminimumkan total ongkos relevan per unit waktu. Caranya adalah dengan mengevaluasi beberapa harga T hingga diperoleh:

$$\frac{TRC(T+1)}{T+1} > \frac{TRC(T)}{T} \quad \text{.....(2.57.)}$$

- Jika ongkos relevan per unit waktu mulai naik pada T+1 maka T dipilih sebagai jumlah periode *supply* untuk pemenuhan pesanan, dengan ukuran:

$$Q = \sum_{k=1}^{T} Rk \quad \text{.....(2.58.)}$$

- Algoritma ini akan memberikan hasil yang kurang baik jika menghadapi persoalan yang tingkat *demand*-nya menurun tajam selama beberapa periode dan ada banyak periode dengan *demand*=0.

2.8.7. Kebutuhan Periode Tetap (*Fixed Period Requirment*)

Penetapan ukuran *lot* hanya berdasarkan periode waktu tertentu saja. Selang waktu antar pemesanan dibuat tetap dengan besarnya ukuran *lot* didapat dengan cara menjumlahkan *net req,* pada periode yang akan datang. Teknik FPR ini menggunakan konsep *interval* pemesanan yang konstan, sedangkan ukuran kuantitas pemesanannya (*Lot Size*) boleh bervariasi. Ukuran kuantitas pemesanan tersebut merupakan penjumlahan kebutuhan bersih (R_t) dari setiap periode yang tercakup dalam *interval* pemesanan yang telah ditetapkan. Penetapan *interval* pemesanannya dilakukan secara sembarang atau intuitif. Pada teknik fpr ini, jika saat pemesanan jatuh pada periode yang kebutuhan bersihnya sama dengan nol maka pemesanan dilaksanakan pada periode beerikutnya.

2.8.8. Ongkos Unit Terkecil (*Least Unit Cost*)

Didalam teknik ini, baik jumlah tiap kali pesan dan *interval* periode pemesanan bervariasi atau mungkin tidak sama. Penetapan ukuran *lot* "*Trial end Error*".

Prosedurnya sebagai berikut:

- Tetapkan selang *interval* pemesanan.
- Tentukan besarnya *lot* yang dapat saja = jumlah *net req*. diawal periode, atau dapat ditambah *net req* pada periode-periode berikutnya.
- Hitung total *cost* (jumlah ongkos pesan dan ongkos simpan).
- Tentukan ukuran *lot* berdasarkan ongkos per unit kecil.

$$C_h(L) = \frac{h.\sum_{t=T}^{L}(t-T)dt}{\sum_{t=T}^{L}dt} \Rightarrow C_s(L) = \frac{A}{\sum_{t=T}^{L}dt} \text{ dan } C_p(L) = C_h(L)+C_s(L) \text{..(2.59.)}$$

Dimana:

$C_s(L)$ = Ongkos pesan per unit pada periode L.

$C_h(L)$ = Ongkos simpan per unit pada periode L.

$C_p(L)$ = Ongkos total per unit pada periode L.

L = Periode terakhir yang *net req*-nya termasuk dalam *lot tentative.*

T =Periode awal dimana *lot tentative* mulai dihitung.

T = Periode ke-t.

Dt = *Net req* pada periode ke-t.

Algoritma dari teknik ini adalah:

- Langkah 1

  Tentukan ukuran *lot tentative* pada periode T = *net req* pada periode T. Hitung total *cost* per unit yang terjadi.

- Langkah 2

  Tambahkan *net req* periode berikutnya pada ukuran *lot tentative* sebelumnya, kemudian hitung juga total *cost* per unitnya.

- Langkah 3

  Bandingkan total *cost* per unit dengan periode sebelumnya jika $C_p(L) \leq C_p(L-1)$ kembal kelangkah 2 dan jika $C_p(L) > C_p(L-1)$ teruskan kelangkah 4.

- Langkah 4

  Tetapkan ukuran *lot* pada periode T dengan besarnya *lot* = $\sum_{t=T}^{L} dt$

- Langkah 5

  Sekarang T = L, jika akhir dari periode *horizon* telah dicapai, hentikan algoritma dan jika belum, kembali kelangkah 1.

Karakteristik dari teknik *lotting* ini diantaranya:

1. Metode *heuristic* ini hampir sama dengan metode *Silver-Meal*. Perbedaannya adalah yang dihitung rata-rata ongkos per unit.
2. Rencana pemesanan dilakukan pada saat rata-rata ongkos per unit untuk pertama kalinya naik. Artinya pemesanan pertama dilakukan pada periode 1 untuk memenuhi kebutuhan sebelum periode dimana ongkos rata-rata per unit pertama kali naik.
3. Periode pemesanan lalu diinisialisasi lagi dan prosedur diulangi untuk seluruh *horizon* perencanaan.

4. Jika suatu pesanan tiba pada awal periode pertama dan mencakup kebutuhan hingga periode T, maka Total ongkos relevannya adalah:

$$\frac{TRC(T)}{\sum_{k=1}^{T} Rk} = \frac{C + FP\sum_{k=1}^{T}(k-1)Rk}{\sum_{k=1}^{T} Rk} \quad \text{.....(2.60.)}$$

5. Jika ongkos per unit mulai naik pada periode T+1, maka sampai periode T kita pilih sebagai periode *supply* untuk pemenuhan pesanan dengan jumlah pemesanan sebanyak: $Q = \sum_{k=1}^{T} Rk$ .....(2.61.)

   Proses diulangi lagi dengan dimulai dari periode T+1

Metoda Least Unit Cost (LUC) ini hampir sama dengan *Algoritma Silver Meal*, perbedaannya adalah yang dihitung adalah rata-rata ongkos per unit. Rencana pemesanan dilakukan pada saat rata-rata ongkos per unit untuk pertama kalinya naik. Jika ongkos per unit mulai naik pada periode *T+1,* maka sampai periode *T* kita pilih sebagai periode *suply* untuk pemenuhan pesanan.

2.8.9. Algoritma *Wagner - Within*

Algoritma Wagner Within ini memberikan solusi optimum bagi persoalan ukuran pemesanan dinamis-deterministik pada suatu kurun waktu tertentu dimana kebutuhan pada seluruh periode harus terpenuhi. Metoda ini ditentukan dengan menggunakan program *linier* untuk memperoleh segi pemesanan yang optimum pada seluruh kebutuhan bersih sehingga semua kemungkinan pemesanan *lot* dihitung ongkos totalnya.

Metoda ini dikatakan metoda yang paling optimum karena perhitungan penentuan ukuran *lot*-nya didasarkan pada programa dinamis, yaitu suatu model yang matematis yang solusinya menjamin hasil perhitungan tersebut merupakan hasil yang optimum.

$$PF\sum_{k=1}^{T}(k-1)R_k = C$$

$$\sum_{k=1}^{T}(k-1)R_k = \frac{C}{PF} \quad \text{.....(2.62.)}$$

pada suatu kurun waktu tertentu dimana kebutuhan pada seluruh periode harus terpenuhi.

Prosedur perhitungannya terdiri dari 3 langkah, yaitu:

- Hitung matriks ongkos total variabel untuk seluruh alternatif pemesanan yang dapat dilakukan selama kurun waktu yang terdiri dan N periode. Ongkos total variabel ini meliputi ongkos pemesanan dan ongkos simpan. Definisikan Z_{ce} sebagai ongkos total variabel pada periode c hingga e sebagai akibat melakukan pemesanan pada periode c yang akan memenuhi kebutuhan pada periode c hingga e.

  $$Z_{ce} = C + FP \sum_{i=c}^{e} (Q_{ce} - Q_{ci}) \quad \text{.....(2.63.)}$$

  Untuk $i \leq c \leq e \leq N$

  Dimana:

  C = Ongkos pemesanan per sekali pesan

  F = Persentase ongkos simpan per periode

  P = Ongkos pembelian per unit

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

  Rk = Tingkat kebutuhan pada periode k

- Definisikan fe sebagai ongkos minimum yang mungkin terjadi pada periode 1 hingga e, dimana tingkat persediaan pada akhir periode e adalah nol. Algoritma dimulai dengan fe = 0, kemudian hitung f_1, f_2,…,f_N berturut-turut. fe dihitung pada urutan yang menaik dengan menggunakan rumus:

  $fe = \min (Z_{ce} - f_{c-1})$ .....(2.64.)

  Untuk c = 1,2,…, e

  Artinya, pada setiap periode seluruh kombinasi dari alternatif pemesanan dengan strategi fe dibandingkan. Kombinasi terbaik yaitu yang memberikan ongkos terendah dinyatakan sebagai strategi fe untuk memenuhi kebutuhan

pada periode 1 hingga e. Nilai f_N adalah ongkos dari jadwal pemesanan yang optimal.

- Terjemahkan solusi optimum (f_N) yang diperoleh dari algoritma ini untuk menentukan ukuran pemesanan sebagai berikut:

  $f_N = Z_{wN} + f_{w-1}$;……..(2.65.)

  Pemesanan terakhir terjadi pada periode w dan dapat memenuhi kebutuhan pada periode w hingga N.

  $f_N = Z_{v(w-1)} + f\ v_{-1}$;……..(2.66.)

  Pemesanan yang mendahului pemesanan terakhir terjadi pada periode v dan dapat memenuhi kebutuhan pada periode v hingga (W-1).

  $f_N = Z_{1(u-1)} + f_0$;……(2.67.)

  Pemesanan pertama terjadi pada periode 1 dan memenuhi kebutuhan pada periode 1 hingga (u-1).

2.8.10. Algoritma *Part – Period*

Metoda Algoritma *Part Periode* (APP) ini memilih jumlah periode yang akan diliput oleh suatu pemenuhan kebutuhan, sehingga jumlah ongkos simpan sama dengan ongkos pesan. Tujuan metoda ini adalah menentukan ukuran pemesanan yang mencakup kebutuhan sejumlah periode.

EPP menyatakan titik impas yang mengkonversikan ongkos pesan dan ongkos simpan pada ukuran *Part Periode. Part Periode* adalah *demand* suatu periode dikali jumlah periode untuk menyimpan persediaan. Pemesanan pertama pada periode 1, berikutnya pada saat APP > EPP. Ukuran *lot* adalah total *demand* selama periode dimana kondisi dari APP > EPP terpenuhi dengan rumus: Proses ini diulangi lagi dengan dimulai dari periode *T+1*

Karakteristik dari teknik *lotting Algoritma Part Periode* ini diantaranya:

1. Algoritma ini memilih jumlah periode yang akan diliput oleh suatu pemenuhan kebutuhan, sedemikian sehingga jumlah ongkos simpan sama dengan ongkos pesan.

2. Tujuannya adalah menentukan ukuran pemesanan yang mencakup kebutuhan sejumlah periode sehingga diperoleh:

$$PF = \sum_{k=1}^{T}(k-1)Rk = C$$

$$\sum_{k=1}^{T}(k-1)Rk = \frac{C}{PF}$$

C / (P.F) = *EPP (Economic Part- Period)*

$$\sum_{k=1}^{T}(k-1)Rk$$ = *APP (Accumulated Part – Period)*…….(2.68.)

3. EPP menyatakan titik impas yang mengkonversikan ongkos pesan dan ongkos simpan pada ukuran *Part-Period*. *Part-Period* adalah *demand* suatu periode dikali jumlah periode untuk menyimpan persediaan.
4. Pemesanan pertama pada periode 1, berikutnya saat APP > EPP.
5. Ukuran *lot* adalah total *demand* selama periode dimana kondisi APP > EPP terpenuhi.

2.9. Material Requirement Planning (MRP)

Material Requitment Planning (MRP) adalah suatu teknik atau prosedur yang sangat sistematis untuk mengelola persediaan dalam suatu proses manufaktur, dimana terjadi tahapan proses yang hirarkis, yaitu bahan mentah diproses menjadi komponen sub *assembling* dan seterusnya sehingga menjadi produk akhir. Jadi suatu *item* dibagi kedalam beberapa *level* yang bergantung.

Tujuan MRP adalah merancang suatu sistem yang mampu menghasilkan informasi untuk mendukung aksi yang tepat, baik berupa bantalan pesanan, pemesanan ulang, atau penjadwalan ulang, sehingga diperoleh pegangan untuk melakukan pembelian atau produksi.

Mengacu pada tujuan dan fungsi MRP, maka ada empat hal yang dapat dilakukan, sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah kebutuhan material secara tepat serta waktu pemesanan atau pembuatannya dalam rangka memenuhi permintaan produk akhir yang sudah direncanakan dalam MPS.

2. Menentukan besarnya kebutuhan minimal dari setiap material yang diperlukan.
3. Menentukan pelaksanaan rencana pemesanan yang berarti MRP mampu untuk memberikan indikasi kapan pemesanan atau pembatalan atas pemesanan harus dilakukan.
4. Menentukan penjadwalan ulang produksi atau pembatalan atas suatu jadwal produksi yang sudah direncanakan.

Asumsi-asumsi yang diperlukan untuk mengoperasikan MRP:

a. Tersedia data *file* yang terintegrasi yang berisi status persediaan dan data tentang struktur (harus teliti, lengkap dan *up to date*).
b. *Lead time* untuk semua *item* diketahui atau dapat diperkirakan.
c. Terkendalinya setiap *item* diketahui atau dapat diperkirakan.
d. Tersedianya semua komponen untuk suatu rakitan, pada saat pesanan untuk rakitan tersebut dilakukan.
e. Pengendalian dan pemakaian terhadap komponen bahan bersifat diskrit.
f. Proses pembuatan suatu *item* bersifat *independent* terhadap proses pembuatan *item* lainnya.

Langkah-langkah dasar MRP:

a. *Netting*.
b. *Lotting*.
c. *Offesetting*.
d. *Exploding*.

Output MRP:

1. Memberikan jadwal pemesanan material.
2. Memberikan indikasi untuk penjadwalan ulang.
3. Memberikan indikasi untuk pembatalan pesanan.
4. Memberikan informasi keadaan persediaan.

Tabel yang digunakan:

Tabel 2.14. MRP

Part Number :			**Description :**		
BOM UOM :			**On Hand :**		
Lead Time :			**Order Policy :**		
Safety Stock :			**Lot Size :**		
Periods	**Past due**	**1**	**2**	**3**	**…..**
Gross requirement					
Schedule Receipt					
PAB I					
Net Requirement					
Planned Order Receipt					
Planned Order Release					
PAB II					

Lot size. Merupakan kuantitas pesanan (*order quantity*) dari *item* yang memberitahukan MRP berapa banyak kuatitas yang harus dipesan serta teknik *lot sizing* apa yang dipakai.

Gross Requirement. Merupakan total dari semua kebutuhan, termasuk kebutuhan yang diantisipasi untuk setiap periode waktu.

Projected On Hand. Merupakan *Projected Available Balance* (PAB), dan tidak termasuk *planned orders. Projected On Hand* dihitung berdasarkan formula:
Projected On Hand = On Hand awal periode + *Schedule*
Receit – Gross Requirements.
Menghitung PAB I pada periode awal

$$PAB\ I = PAB\ I_{t-1} - GR_t + Sr_t \quad (2.69.)$$

Menghitung PAB I untuk periode selanjutnya:

$$PAB\ I = PAB\ II_{t-1} - GR_t + Sr_t \quad (2.70.)$$

Menghitung PAB II:

$$PAB\ II = PAB\ II_{t-1}\ GR_t + Sr_t + PORc \quad (2.71.)$$

***Net Requirements*.** Merupakan kekurangan material yang diproyeksikan untuk periode ini, sehingga perlu diambil tindakan ke dalam perhitungan *Planned Order Receipt* agar menutupi kekurangan material pada periode itu.

Planned Order Receipt, merupakan kuantitas pesanan pengisian kembali (pesanan manufakturing dan atau pesanan pembelian) yang telah direncanakan oleh MRP untuk diterima pada periode tertentu guna memenuhi kebutuhan bersih (*Net Requirements*). PORc adalah kelipatan terkecil dari *lot size* untuk memenuhi NR, jika tidak ada harga NR maka harga PORc pun tidak ada.

Planned Order Release, merupakan kuantitas *Planned Order* yang ditempatkan atau dikeluarkan dalam periode tertentu, agar *item* yang dipesan itu akan tersedia pada saat dibutuhkan. *Item* yang tersedia pada saat dibutuhkan itu tidak lain adalah kuantitas *Planned Order Receipt* yang ditetapkan menggunakan *Lead Time Offset*. POR_L didapatkan dengan menempatkan harga PORc sesuai dengan *Lead Time*.

2.9.1. MRP *Logic*

1. Menentukan *Gross Requirement*

   Gross Requirement adalah jumlah yang akan diproduksi pada setiap periode. *Gross Requirement* diperoleh dari:

   - Untuk *End Item*

     Gross Requirement = MPS
   - Untuk Komponen

     Gross Requirement = POR_L dari induknya.

2. Menentukan *Net Requirement*

Net Requirement adalah proses menentukan kebutuhan bersih setiap komponen agar MRP terwujud. *Net Requirement* dihitung berdasarkan formula berikut:

NR = jika PAB I > *Safety Stock*, maka tidak ada nilai NR

= jika PAB I < 0, maka NR = GR_t – PAB II_{t-1} + SR_t + SS

= jika PAB I < SS, maka NR = SS – PAB I……(2.72.)

3. Lot Sizing

Lot sizing adalah proses menentukan ukuran/jumlah pemesanan. Pemesanan sudah harus tersedia di awal periode produksi. Adapun metoda *Lot Sizing* adalah:

A. Lot For Lot

Teknik ini merupakan teknik paling sederhana dari semua teknik ukuran *lot* yang ada. Penggunaan teknik ini bertujuan untuk meminimumkan ongkos simpan, sehingga ongkos simpan menjadi nol. Oleh karena itu sering sekali digunakan untuk *item-item* yang mempunyai harga/unit sangat mahal.

Tekniknya "*lot* pesanan dibuat sama dengan *net requirement*".

- Melakukan pemesanan sejumlah yang diperlukan (tidak ada *on hand inventori*).
- Mengasumsikan bahwa *order* dapat dilakukan untuk jumlah berapapun.

B. Least Unit Cost

Pilih ongkos per unit terkecil selama periode berurutan. Didalam teknik ini, baik jumlah tiap kali pesan dan interval periode pemesanan bervariasi atau mungkin tidak sama. Penetapan ukuran *lot* "*Trial end Error".* Prosedurnya sebagai berikut:

- Tetapkan selang interval pemesanan.
- Tentukan besarnya *lot* yang dapat saja = jumlah *Net Requirement* diawal periode, atau dapat ditambah *Net Requirement* pada periode-periode berikutnya.
- Hitung total *cost* (jumlah ongkos pesan dan ongkos simpan).
- Tentukan ukuran *lot* berdasarkan ongkos per unit kecil.

$$C_h(L) = \frac{h.\sum_{t=T}^{L}(t-T)dt}{\sum_{t=T}^{L} dt} \Rightarrow C_s(L) = \frac{A}{\sum_{t=T}^{L} dt} \text{ dan } C_p(L) = C_h(L)+C_s(L) \ldots\ldots.(2.73.)$$

Dimana:

$C_s(L)$ = Ongkos pesan per unit pada periode L.

$C_h(L)$ = Ongkos simpan per unit pada periode L.

$C_p(L)$ = Onkos total per unit pada periode L.

L = Periode terakhir yang *net requerement*-nya termasuk dalam *lot tentative*.

T = Periode awal dimana *lot tentative* mulai dihitung.

T = Periode ke-t.

Dt = *Net requerement* pada periode ke-t.

Algoritma dari teknik ini adalah:

- Langkah 1

Tentukan ukuran *lot tentative* pada periode T = *net req* pada periode T. Hitung total *cost* per unit yang terjadi.

- Langkah 2

  Tambahkan *net req* periode berikutnya pada ukuran *lot tentative* sebelumnya, kemudian hitung juga total *cost* per unitnya.

- Langkah 3

  Bandingkan total *cost* per unit dengan periode sebelumnya jika $C_p(L) \leq C_p(L-1)$ kembali kelangkah 2 dan jika $C_p(L) > C_p(L-1)$ teruskan kelangkah 4.

- Langkah 4

  Tetapkan ukuran *lot* pada periode T dengan besarnya *lot* = $\sum_{t=T}^{L} dt$

- Langkah 5

  Sekarang T = L, jika akhir dari periode *horizon* telah dicapai, hentikan algoritma dan jika belum, kembali kelangkah 1.

C. Least Total Cost

- Pilih total ongkos minimum.
- Gabungkan kebutuhan sampai ongkos simpan mendekati ongkos pesan.

D. Lead Period Cost (Silver Meal)

Tujuan dari metode ini adalah untuk meminimasi ongkos total periode. Ukuran *lot* ditentukan dengan cara menjumlahkan kebutuhan berapa periode yang berturut-turut sebagai ukuran *lot* yang *tentative*, penjumlahan dilakukan terus sampai ongkos total (ongkos pesanan dan ongkos simpan) dibagi dengan banyaknya periode yang *net req*-nya termasuk dalam ukuran *lot tentative* tersebut meningkat. Maka besarnya ukuran *lot* yang sebenarnya adalah ukuran *lot* tentative akhir yang ongkos total per periodenya masih menurun.

Ongkos total per periode $C(L) = \frac{A + \left(h \cdot \sum_{t=T}^{L} (t - T) dt \right)}{P}$ ……..(2.74.)

Dimana:

A = Ongkos pesan.

h = Ongkos simpan.

dt = Kebutuhan pada periode t.

t = Periode awal dimana *lot tentative* mulai dihitung.

T = Periode ke-t.

L = Periode terakhir yang *net req*-nya termasuk dalam *lot tentative.*

P = jumlah periode yang *net req*-nya termasuk dalam *lot tentative.*

Algoritma dari *Metode Silver-Meal* ini adalah:

- Langkah 1

  Tentukan ukuran *lot tentative* dimulai dari periode T. Ukuran *lot tentative* = dt, *net req*. pada periode T. Hitung ongkos total per-periodenya.

- Langkah 2

  Tambahkan kebutuhan pada periode berikutnya pada *lot* tersebut. Kemudian hitung ongkos total per periodenya.

- Langkah 3

  Bandingkan ongkos total per periode sekarang dengan yang sebelumnya, jika C(L) ≤ C(L-1) kembali ke langkah 2 dan C(L) > C(L-1) lanjutkan ke langkah 4

- Langkah 4

  Ukuran *lot* pada periode $T = \sum_{t=T}^{l-1} dt$

- Langkah 5

  Sekarang T=L, jika akhir dari *horizon* perencanaan telah dicapai, hentikan algoritma, jika belum, kembali ke langkah 1.

E. Part Period Balancing

- Merupakan variasi dari *Least Total Cost*
- Mengkonversikan ongkos pesan menjadi *equivalent Part period* (EPP) dengan rumus: EPP = s/k.

  s : ongkos pesan.

  k : ongkos simpan per unit per periode.

F. *Economic Order Quantity (*EOQ*)*

Lot pesanan sesuai dengan *Economic Order Quantity* (EOQ)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2.A.\lambda}{h}} \quad \text{.....(2.75.)}$$

A : ongkos pesan (ongkos *setup*)

B : rata-rata *demand* per periode

h : ongkos simpan per unit per periode

G. *Period Order Quantity* (POQ)

Jumlah *lot* pesanan berdasarkan jumlah *lot* yang dapat memenuhi POQ periode dari *net requirement.*

- Sebelumnya hitungalah EOQ
- Gunakan EOQ untuk menghitung frekuensi pemesanan per tahun.

$$POQ = T\frac{EOQ}{D} \quad \text{.....(2.76.)}$$

EOQ : jumlah pesanan *ekonimik.*

D : total kebutuhan.

T : banyaknya periode.

Dalam hal menentukan interval periode, seandainya ada beberapa periode yang bernilai nol maka penentuan interval periode dilewati untuk yang bernilai nol.

H. Off Setting

Off Setting adalah proses menentukan kapan suatu *order* harus sudah di*released*/dimanufaktur. Kapan *order* harus di*release* ditetapkan *Lead Time* periode sebelum saat dibutuhkan.

Tabel 2.15. MRP *Approach*

QUESTION	***BASIS***	***RESULT***
What to Order	*-Master Schedule* *-Bill of Material*	*GrossRequirements*
How Much to order	*-Inventory Balance* *-Schedule Receipts* *-Order Rules*	*Net requirements*
When to Order	*Lead Time*	*Lead Time*