

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Produksi

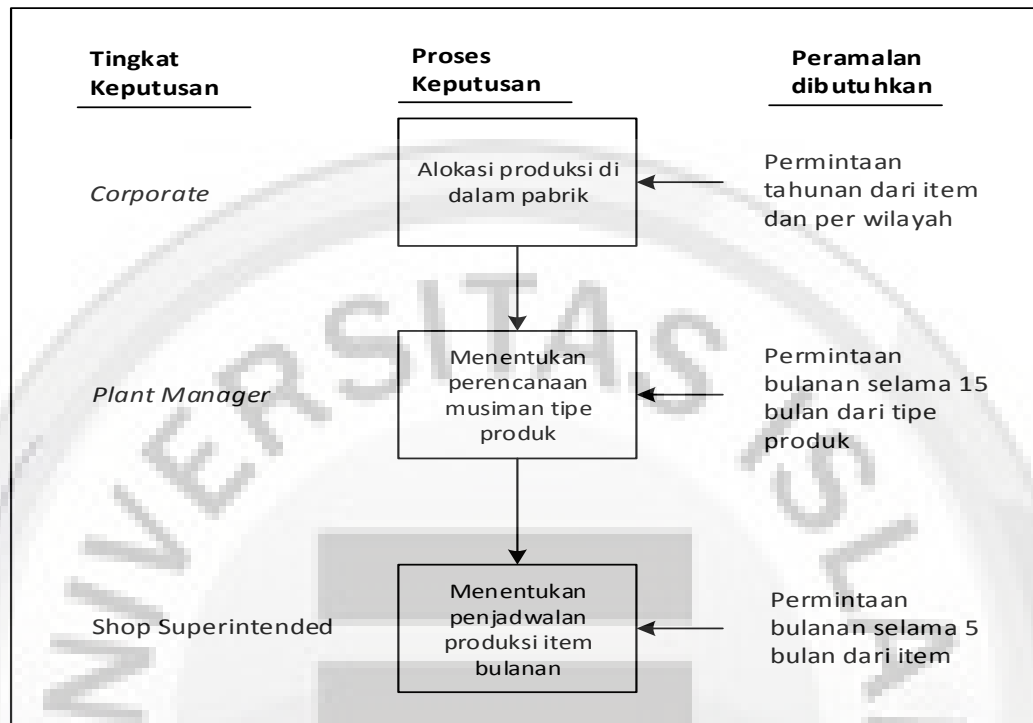
Perencanaan produksi merupakan suatu perencanaan menggunakan informasi dari produk dan perencanaan penjualan untuk merencanakan laju rencana produksi serta tingkatan persediaan selama periode waktu dari sekelompok produk (Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991, h.42). Perencanaan produksi merupakan pengorganisasian kebutuhan tenaga kerja, bahan-bahan baku, mesin dan peralatan lain serta modal yang diperlukan untuk memproduksi sejumlah barang pada suatu periode tertentu di masa depan sesuai dengan kuantitas dan kualitas yang dikehendaki dengan keuntungan maksimum (Biegel, et al., 2009). Perencanaan produksi atau perencanaan tingkat agregat terkait dengan bagaimana menentukan jumlah dan waktu produksi untuk periode jangka menengah, tiga sampai enam bulan kedepan (Heizer dan Render, 1993, h.516). Terkait hal ini manajer produksi mencoba menemukan cara terbaik untuk memenuhi ramalan permintaan menyesuaikan dengan laju produksi, tingkat pekerja, tingkat persediaan, lembur, subkontrak, dan variabel yang dapat dikontrol lainnya dengan fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya dalam periode perencanaan.

Menurut Assauri (1987) dalam Rahman (1991) tujuan perencanaan produksi adalah untuk mencapai tingkat keuntungan tertentu dan dapat memenuhi jadwal penyerahan produk kepada pelanggan dengan biaya keseluruhan yang minimum. Pada prinsipnya perencanaan produksi merupakan alat untuk menjamin segala sesuatu dapat tersedia pada waktunya agar target produksi dapat direalisasikan dengan memperhatikan faktor-faktor pembatas seperti harga, mutu, modal tersedia, kapasitas produksi serta faktor pembatas dari produk itu sendiri.

2.2 Perencanaan Produksi Hirarkis

Perencanaan produksi hirarkis merupakan sebuah pendekatan untuk memecah keputusan perencanaan kedalam istilah yang lebih terkelola melalui partisi permasalahan tersebut kedalam hirarkis keputusan manajerial. Pendekatan ini menggambarkan hirarkis pemecahan keputusan dari mulai tingkatan level atas

terkait keputusan strategi, kemudian diarahkan kepada tingkatan level menengah terkait keputusan taktis hingga kepada tingkatan level bawah untuk memutuskan strategi operasional (Heizer dan Render, 1993, h.533).



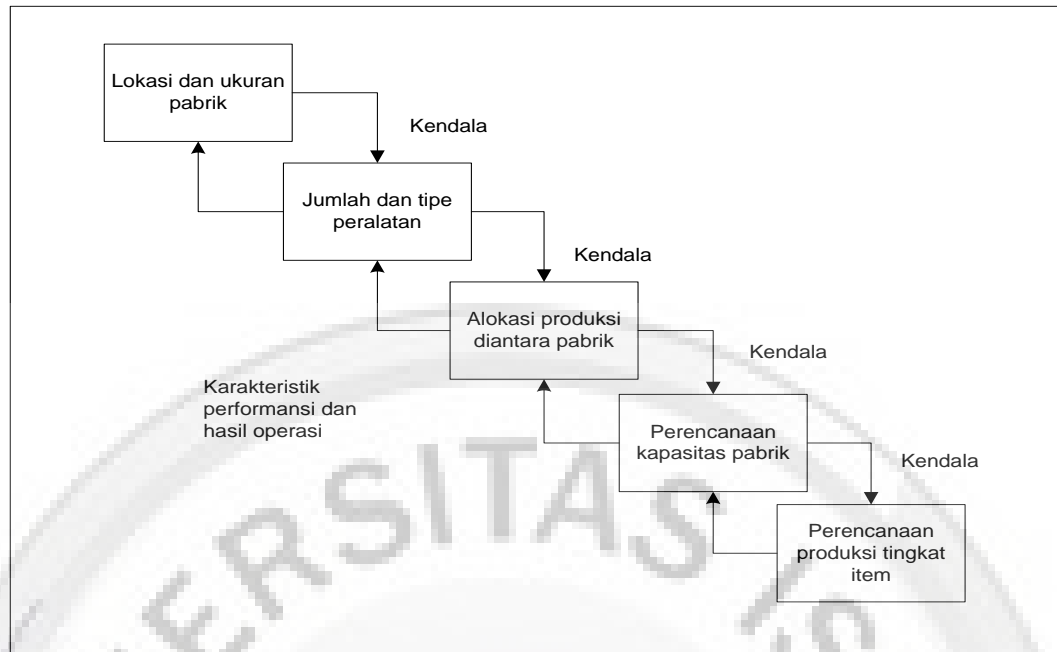
Gambar 2. 1 Proses Perencanaan Hirarkis

(Sumber: Harlan C. Meal, "Putting Production Where They Belong," *Harvard Business Review*, 62, 2 dalam Heizer dan Render, 1993)

Pada sub bab selanjutnya akan dijelaskan terkait dengan gambaran umum yang menjelaskan konsep dan ruang lingkup dari sistem perencanaan produksi hirarkis serta keterkaitan *Material Requirement Planning* (MRP) di dalam perencanaan produksi hirarkis.

2.2.1 Sistem Perencanaan Produksi Hirarkis

Pada pendekatan hirarkis, perencanaan dan pengendalian ditempatkan dengan mengurutkan model yang sejalan dengan hirarkis keputusan yang harus diambil. Agregat (strategik dan taktik) keputusan dibuat pertama kali dan akan memberikan sejumlah *constraint* (batasan) pada keputusan tingkat operasional yang akan diambil.



Gambar 2. 2 Ikhtisar Pendekatan Perencanaan Produksi

(Sumber : Meal, 1986 dalam Bitran dan Tirupati, 1989, h.5)

Pada Gambar 2.2 menunjukkan hirarki keputusan dalam konteks perencanaan dan penjadwalan produksi. Keputusan pada tingkatan lebih tinggi dari hirarki adalah ditetapkan berdasarkan model agregat. Setiap keputusan hirarkis memiliki karakteristik dan metode agregasi masing-masing yang pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (Bitran dan Tirupati, 1989):

- (i) panjang horizon perencanaan.
- (ii) tingkat detail kebutuhan informasi dan peramalan.
- (iii) lingkup aktivitas perencanaan.
- (iv) otoritas dan respon manajer dalam mengeksekusi rencana.

Pendekatan perencanaan produksi hirarkis telah digunakan untuk berbagai variasi sistem yang cocok dengan pemilihan skema dan submodel dari agregasi dan disagregasi. Beberapa contoh penerapan diantaranya:

- i. diterapkan pada sistem manufaktur dengan kasus perencanaan dan penjadwalan *discrete* komponen (Hax dan Meal, 1975; Bitran dan Hax, 1977 dalam Bitran dan Tirupati, 1989). Pada kasus ini produk akhir merupakan hasil agregasi dari famili produk, kemudian famili produk ini dikelompokkan lagi kedalam tipe produk. Model permasalahan pada tingkatan lebih atas merupakan jenis *programa linier* dan *mixed linier integer*, sedangkan pada tingkatan lebih bawah menggunakan permasalahan *convex knapsack*.

- ii. diterapkan pada sistem *continues process* dan *jobshop* (Bradley, Hax dan Magnanti, 1977 dalam Bitran dan Tirupati, 1989).
- iii. diterapkan pada permasalahan proses perencanaan di dalam sistem *manufacturing* fleksibel (Kusiak dan Finke, 1987 dalam Bitran dan Tirupati, 1989).
- iii. diterapkan untuk menyediakan model agregasi untuk mendukung keputusan perencanaan kapasitas dalam sistem MRP (Axsater dan Johnson, 1984 dalam Bitran dan Tirupati, 1989). Model permasalahan ini diterapkan dengan dasar kelompok produk dan mesin serta dirancang untuk menyediakan konsistensi antara kapasitas mesin dan kebutuhan yang dibebankan dari detail penjadwalan berdasarkan prosedur MRP.

Melihat gambaran pada beberapa kasus, perencanaan hirarkis diterapkan bukan hanya sebagai sebuah solusi teknis spesifik untuk mengatasi permasalahan spesifik tetapi sebagai sebuah kerangka dan filosofi untuk menyederhanakan permasalahan yang sifatnya kompleks.

2.2.2 Sistem Perencanaan Produksi Hirarkis Model Satu Tahap (*Single Stage*) dan Multi Tahap (*Multi Stage*)

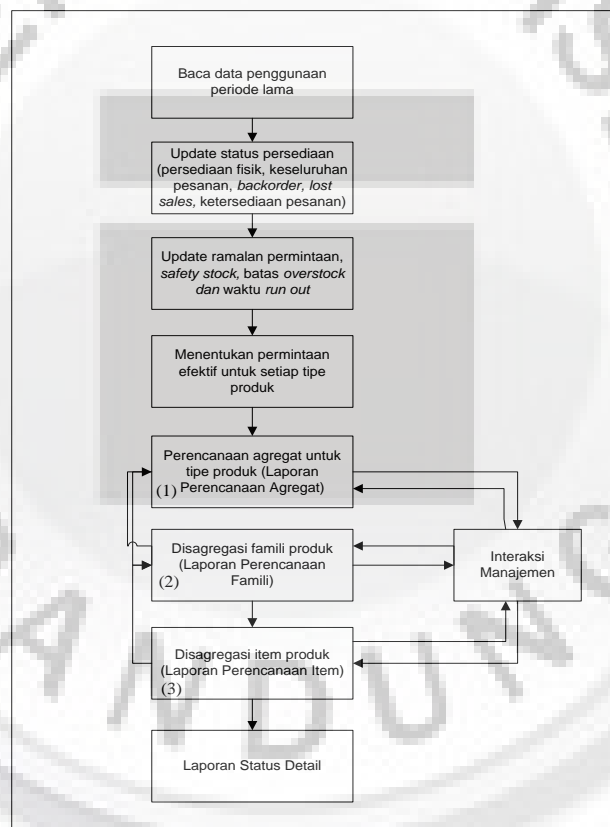
Penerapan secara detail kerangka dan model PPH di dalam sistem manufaktur mengambil kasus Hax dan Meal (1975) dalam Bitran dan Tirupati (1989) untuk kasus *single stage* dari sistem *batch*. Istilah *single stage* ini mengarahkan pada proses manufaktur. Pada model ini, gambaran detail proses produksi diabaikan dan sistem dimodelkan sebagai kotak hitam dengan sumberdaya kritis membatasi kapasitas sistem. Selanjutnya pada bagian kasus model *multi stage*, detail proses produksi kita perhatikan dan kita pisahkan perbedaan tahapan produksi (produksi komponen, perakitan, dll) dan menyertakan batasan sumberdaya pada setiap tahapan.

A. Sistem Satu Tahap (*Single Stage*)

Menurut Hax dan Candea (1984) dalam Bitran dan Tirupati (1989) desain dasar dari sistem perencanaan hirarkis satu tahap terdiri dari partisi (pemecahan) masalah perencanaan keseluruhan dan keterkaitan sub-sub masalah yang dihasilkan. Struktur produk dari multiproduk menjadi informasi dan input penting.

Hax dan Meal (1975) dalam Bitran dan Tirupati (1989) menunjukkan tiga tingkat berbeda berdasarkan struktur produk tersebut :

- (i) Item, merupakan produk akhir yang diserahkan kepada pelanggan. item menggambarkan tingkatan tertinggi dari spesifikasi pabrikasi produk. Item dibedakan berdasarkan warna, pengemasan, labels, ukuran, aksesoris, dll.
- (ii) Famili, sekelompok item yang memiliki kesamaan tipe produk dan membagi biaya perubahan mesin (*set up*) produksi bersamaan.
- (iii) Tipe, merupakan sekelompok famili yang jumlah produksinya ditentukan melalui suatu rencana produksi agregat. Kelompok famili yang termasuk dalam suatu tipe umumnya memiliki biaya per unit waktu produksi dan permintaan musiman yang sama.



Gambar 2. 3 Gambaran Konseptual Sistem Perencanaan Hirarkis Satu Tahap
(Sumber : Meal, 1986 dalam Bitran dan Tirupati, 1989, h.8)

Gambaran konseptual sitem perencanaan hirarkis dijelaskan pada Gambar 2.3 dan secara umum terdiri dari tiga tahapan yang ditunjukkan pada kotak (1), (2) dan (3). Pada langkah pertama (1), dilakukan perencanaan agregat pada tipe produk. Horizon perencanaan model ini biasanya untuk memenuhi selama periode satu tahun dalam mempertimbangkan fluktuasi permintaan produk. Pada langkah

kedua (2), dilakukan disagregasi perencanaan agregat tipe produk untuk menentukan perencanaan pada famili produk. Langkah terakhir (3) hasil disagregasi famili menentukan jumlah *end item* yang akan diproduksi. Hingga akhirnya dapat ditentukan laporan status detail.

Model perencanaan produksi agregat untuk tipe produk

Programa Linier berikut menyediakan sebuah gambaran sederhana dari masalah perencanaan pada tingkat tipe produk.

Variabel Keputusan:

X_{it} : Jumlah unit tipe produk i yang diproduksi pada periode t .

I_{it} : Jumlah unit persediaan tipe produk i yang ditangani pada periode t .

R_t : Jam Reguler dan Overtime yang digunakan selama periode t .

Parameter:

I : Jumlah tipe produk

T : Panjang horizon perencanaan

c_{it} : Biaya produksi per unit (tidak termasuk pekerja).

h_{it} : Biaya persediaan yang ditangani per unit per periode.

r_t : Biaya jam reguler per jam pekerja.

o_t : Biaya overtime per jam pekerja.

rm_t, om_t : Jumlah ketersediaan jam reguler dan overime pada periode t .

m_i : Jam yang dibutuhkan untuk memproduksi tipe produk i , dan

d_{it} : Permintaan efektif untuk tipe produk i pada periode t .

Model disagregasi famili produk :

Model disagregasi ini mencoba untuk mengalokasikan jumlah produksi setiap tipe produk ke dalam famili produk. Pada model diasagregasi (P_i) berikut tujuannya adalah untuk menentukan jumlah *run* yang diperlukan untuk meminimasi total biaya *set up*.

s_j : Biaya *set up* untuk famili j .

Y_{j1} : Jumlah unit famili j yang diproduksi pada periode 1.

d_j : Ramalan permintaan untuk famili j .

ib_j, ub_j : Batas bawah dan atas untuk Y_{j1} .

X_{ij} : Produksi tipe produk i pada periode 1 untuk dialokasikan diantara famili, (catatan bahwa X_{i1} merupakan parameter input untuk model dan didapatkan dari perencanaan agregat), dan

$J(i)$: Sekumpulan famili pada tipe produk i yang akan diproduksi pada periode pertama.

Problem (Pi)

Fungsi tujuan problem (Pi) menyatakan bahwa jumlah run famili adalah proporsional dengan biaya *set up* dan permintaan *annual* dari famili produk. Asumsi ini merupakan basis dari rumusan *economic order quantity* (EOQ) untuk meminimasi rata-rata biaya *set up* tahunan. Observasi biaya persediaan telah dilakukan dalam model agregat dan tidak muncul lagi di dalam formula ini.

Kendala (*constraint*) pertama (Pi) memastikan konsistensi dari model agregat dan disagregat. Batas bawah dan atas Y pada kendala kedua dirumuskan sebagai berikut:

$$ub_{j1} = \max \{0, os_{j1} \cdot ai_{j1}\}, \text{ dan}$$

$$lb_{j1} = \max \{0, dj_{11} \cdot ai_{j1} + ss_{j1}\}.$$

Dimana, os_{j1} , dj_{11} dan ss_{j1} masing-masing menandakan batas *overstock*, permintaan, ketersediaan persediaan dan *safety stock* dari famili j dalam periode 1. $J(i)$ merupakan awal dari sekumpulan famili pada tipe produk i yang menandakan periode 1. Sebagai contoh sekumpulan index $j = dj_{11} + ss_{j1}$. $ai_{j1} > 0$. Hal ini sama dengan $J(i)$ dapat didefinisikan sebagai sekumpulan famili yang dilakukan *runout* beberapa kali kurang dari satu kali periode. Semua famili yang termasuk dalam daftar kedua dan dijadwalkan hanya jika problem (Pi) layak dan melebihi kapasitas dari ketersediaan tipe produk i . Bitran dan Hax (1981) dalam Bitran dan Tirupati (1989) menggambarkan bahwa kendala pertama dari ((Pi) dapat ditempatkan dengan $E_{j \in J(i)} Y_{ji} \leq X_{i1}$ tanpa merubah solusi optimal. Mereka juga menyediakan sebuah algoritma efisiensi untuk mengatasi permasalahan (Pi).

Model disagregasi item produk:

Setelah jumlah Y_{ji} telah ditentukan, hal ini penting untuk mengalokasikan produksi diantara item berdasarkan setiap famili j . Perencanaan periode saat ini terkait semua biaya telah ditentukan pada dua tahapan sebelumnya dalam proses hirarkis. Sebagai contoh, biaya penanganan persediaan telah ditentukan dalam

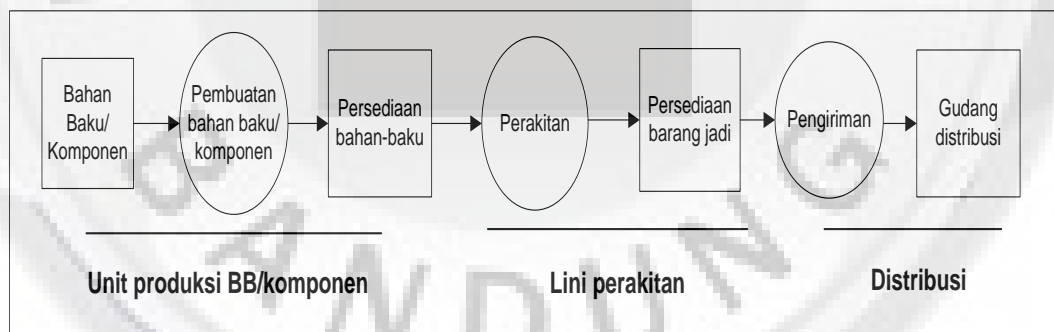
perencanaan agregat, sedangkan biaya *set up* ditentukan dalam perencanaan disagregasi famili. Bagaimanapun solusi layak yang terpilih akan membangun kondisi awal untuk periode selanjutnya dan berpengaruh dalam biaya yang akan datang. Dengan tujuan untuk menjaga *set up* pada periode yang akan datang, hal ini memungkinkan untuk mendistribusikan jumlah banyaknya *run* diantara item.

Secara singkat, operasi sistem perencanaan hirarkis adalah sebagai berikut:

1. Agregat hasil peramalan di generasi untuk setiap tipe produk per periode di dalam horizon perencanaan.
2. Hasil peramalan tipe produk didisagregasi ke dalam hasil peramalan item dengan mengestimasi proporsi total permintaan tipe produk menyesuaikan dengan setiap item.
3. Ketersediaan persediaan untuk setiap item diperbaharui.
4. Jadwal produksi kemudian ditentukan dengan memecahkan permasalahan agregasi dan disagregasi.

B. Sistem Multi Tahap (*Multi Stage*)

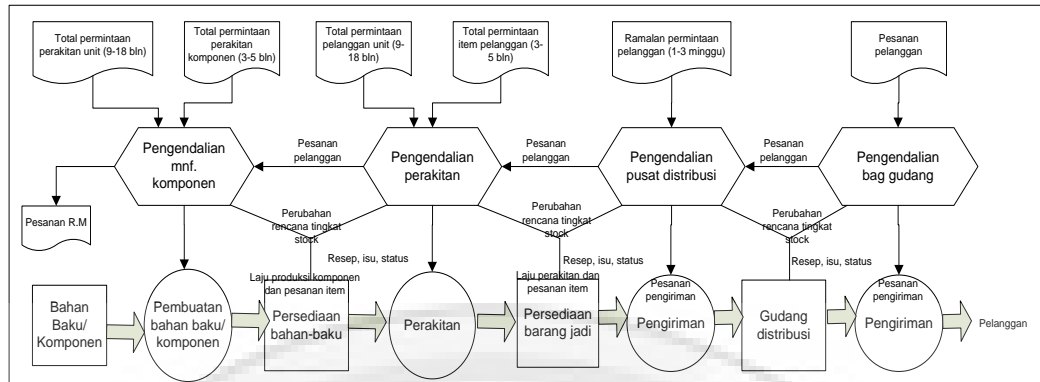
Pendekatan multi tahap membutuhkan koordinasi antara tahap berbeda yang menggambarkan dimensi yang lebih kompleks dari satu tahap.



Gambar 2. 4 Tahapan Utama dalam Sistem Produksi dan Distribusi

(Sumber : Meal, 1986 dalam Bitran dan Tirupati, 1989, h.21)

Skema sistem multistage yang ditunjukkan Gambar 2.4, menunjukkan bahwa dua tahap utama sistem terdiri dari bagian sistem manufaktur untuk operasi produksi komponen dan perakitan, sedangkan tahap ketiga menggambarkan sistem distribusi. Tujuan utama sistem multistage ini adalah untuk menghasilkan sebuah pengendalian terintegrasi dari ketiga tahapan tersebut.



Gambar 2.5 Input Informasi Utama dan Aliran Pengendalian Informasi

(Sumber : Meal, 1987 dalam Bitran dan Tirupati, 1989, h.21)

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa *outline* sistem perencanaan menggambarkan kebutuhan data dan aliran pengendalian informasi. Hal ini dapat diketahui bahwa dari diagram tersebut, dua tingkatan dalam sistem hirarkis digunakan untuk mengendalikan operasi di dalam tahapan produksi. Dalam sistem ini tidak ada mekanisme untuk memastikan konsistensi antara keputusan agregat dan disagregat, kecuali untuk kendala kapasitas. Terakhir dengan tujuan sistem, penjadwalan detail (keputusan disagregasi) berdasarkan penggabungan antara tahapan dari sistem produksi dan sistem distribusi untuk menghasilkan prosedur pengendalian stok dasar (*base stock*). Tingkat persediaan sistem ditentukan dari model agregat dan berdasarkan ramalan. Pada tahapan lainnya yaitu sistem distribusi tidak ada perencanaan agregat. Hal ini didasarkan pada ketidakpentingan dari situasi kelebihan kapasitas dalam proses pesanan dan aktivitas pengiriman.

2.2.3 *Material Requirement Planning* (MRP) dan Perencanaan Produksi Hirarkis

Material requirement planning (MRP) merupakan sebuah pendekatan yang paling banyak diterapkan pada permasalahan perencanaan produksi. Ide dasar dari MRP adalah memulai dengan jadwal master produk akhir untuk melakukan *exploding* menentukan kebutuhan semua komponen. Secara khas, MRP dapat dilihat sebagai sebuah sistem informasi yang digunakan manajer untuk mengevaluasi kelayakan dan efektifitas biaya. Dalam struktur saat ini, MRP tidak terkait langsung dengan kriteria optimasi yang terhubung dengan masalah produksi multilevel. Lemahnya dukungan manajer yang sesuai untuk

menggenerasi jadwal master yang baik biasanya mengarahkan pada ketidaklayakan ketepatan jadwal dengan kendala kapasitas. Hal ini dapat dilihat sebagai kelemahan utama dari MRP.

Membandingkan antara perencanaan produksi hirarkis dengan MRP, tujuan perencanaan produksi hirarkis adalah pengembangan kerangka. Pada pendekatan perencanaan produksi hirarkis, tingkatan agregat dan hubungan tipe produk dengan tipe komponen adalah konsisten serta benar-benar mempertimbangkan keterbatasan sumberdaya (kapasitas). Lebih dari itu, rencana agregat bersifat ringkas dan memberikan pemahaman pada implikasinya. Prosedur disagregasi di dalam perencanaan produksi hirarkis fokus hanya pada periode waktu pemenuhan *lead time*, untuk menghindari kelebihan keseluruhan data dan komputasi.

Pada penelitian Bitran, Haas dan Hax (1982) dalam Bitran dan Tirupati (1989), menggambarkan kedua pendekatan dari MRP dan perencanaan produksi hirarkis diterapkan pada sistem dua tahap. Jadwal Master MRP ditentukan dengan menggunakan prosedur perencanaan produksi hirarkis pada tahap pertama (produk akhir). Sedangkan metode *Silver-Meal Heuristic* digunakan untuk mengembangkan jadwal detail untuk komponen dan item. Hasil penelitian menyatakan bahwa dengan mempertimbangkan kriteria biaya eksplisit dan kendala kapasitas, secara signifikan telah memperbaiki kualitas dari perencanaan produksi. Menurut Axsater dan Jonsson (1984) dalam Bitran dan Tirupati (1989), menyatakan bahwa filosofi perencanaan produksi hirarkis dapat digunakan untuk mengembangkan dukungan sistem MRP dan mengatasi beberapa keterbatasan MRP. Berdasarkan beberapa informasi menunjukkan bahwa MRP dapat dipertimbangkan sebagai bentuk bagian dari struktur hirarkis.

2.3 Persediaan

Persediaan dapat didefinisikan sebagai bahan yang disimpan dalam gudang untuk kemudian digunakan atau dijual (Biegel, et al., 2009, h.112). Persediaan merupakan salah satu asset yang paling mahal di dalam perusahaan, menggambarkan 40 persen dari modal yang diinvestasikan. Perusahaan dapat mengurangi biaya persediaan dengan cara menurunkan tingkat persediaan yang

dimiliki (*on hand inventory*), akan tetapi apabila persediaan habis (*stockout*) akan menimbulkan ketidakpuasan pelanggan. Oleh karenanya, perusahaan harus mencapai optimasi antara investasi persediaan dengan tingkat pelayanan konsumen (Heizer dan Render, 1993, h.552).

Fungsi utama dari sebuah sistem persediaan adalah untuk menentukan berapa banyak item yang harus diproduksi atau dibeli, dan kapan pembelian harus dilakukan sehingga biaya yang dikeluarkan bisa seminimal mungkin.

Persediaan barang jadi secara umum dibuat karena tiga alasan (Biegel, et al., 2009, h.115):

1. Untuk membuat barang dalam jumlah ekonomis. Pembuatan barang dalam jumlah yang ekonomis memerlukan pemindahan persediaan yang disebabkan waktu tenggang operasi yang berturut-turut, mulai dari membeli bahan atau untuk mendapatkan bahan dari produsen sampai ke distributor.
2. Untuk menyediakan permintaan atau penjualan di masa yang akan datang (perkiraan persediaan). Perkiraan persediaan dibuat sesuai dengan peramalan permintaan yang telah diketahui. Perkiraan persediaan dapat dibuat untuk memenuhi peramalan permintaan untuk promosi penjualan yang cepat atau suatu musim ramai, atau saat periode liburan.
3. Untuk menyiapkan *buffer stock* dalam menghadapi gejolak permintaan aktual dari permintaan yang diramalkan (fluktuasi atau stok pengaman). Persediaan keamanan dibuat untuk memenuhi suatu kebutuhan yang muncul dari variasi dalam permintaan nyata dari peramalan permintaan, variasi dari produksi nyata dari ancaman produksi dan variasi dalam waktu tenggang.

Persediaan dapat dibedakan berdasarkan fungsi dan jenis posisi barang seperti diterangkan oleh Assauri, 2008 pada hal. 239-240.

A. Persediaan dilihat dari fungsi

1. *Batch Stock* atau *Lot Size Inventory*, persediaan yang diadakan karena kita membeli atau membuat barang dalam jumlah yang besar dari yang dibutuhkan pada saat itu. Dalam hal ini, pembelian dan pembuatan yang dilakukan untuk jumlah yang besar, sedang penggunaan atau pengeluaran dalam jumlah yang kecil. Terjadinya persediaan karena pengadaan barang yang dilakukan lebih banyak daripada yang dibutuhkan.

2. *Fluctuation Stock*, persediaan yang diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan konsumen yang tidak dapat diramalkan. Dalam hal ini perusahaan mengadakan persediaan untuk dapat memenuhi permintaan konsumen, apabila tingkat permintaan menunjukkan keadaan yang tidak beraturan atau tidak tetap dan fluktuasi permintaan tidak dapat diramalkan terlebih dahulu. Jadi apabila fluktuasi permintaan yang sangat besar, maka persediaan ini dibutuhkan sangat besar pula untuk menjaga kemungkinan naik turunnya permintaan tersebut.
3. *Anticipation Stock*, persediaan yang diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diramalkan, berdasarkan pola musiman yang terdapat dalam satu tahun dan untuk menghadapi penggunaan atau penjualan permintaan yang meningkat. Di samping itu, persediaan ini dimaksudkan pula untuk menjaga kemungkinan sukarnya diperoleh bahan-bahan sehingga tidak mengganggu jalannya produksi.

B. Persediaan dilihat dari jenis dan posisi barang

1. *Raw Material Stock*, persediaan bahan baku untuk digunakan dalam proses produksi. Misal, bahan benang untuk produksi kaos, kulit untuk produksi sepatu, dll.
2. *Purchased Part/Component Stock*, persediaan bagian atau part produk terdiri dari part yang diterima dari perusahaan lain tanpa melalui proses produksi sebelumnya. Misal, part atau komponen untuk produksi mobil yang tidak diproduksi di dalam perusahaan tetapi dari perusahaan lain.
3. *Supplies Stock*, persediaan bahan-bahan pembantu dan perlengkapan yang diperlukan dalam proses produksi untuk membantu keberhasilan produksi, tetapi bukan bagian atau komponen dari barang jadi. Misal, minyak pelumas dan solar.
4. *Work in Process/Progress Stock*, persediaan barang setengah jadi atau dalam proses.
5. *Finished Good Stock*, persediaan produk jadi atau barang yang telah selesai diproses dalam pabrik dan siap untuk dijual.

Adanya persediaan seringkali memberikan sejumlah ongkos yang timbul dari adanya persediaan tersebut. Komponen ongkos persediaan ini meliputi (Oden, Langenwalter dan Lucier., 1998, h.44):

1. Penyimpanan atau Ongkos Pengangkutan

Menyangkut tentang penyimpanan item di gudang penyimpanan, meliputi: keuntungan, asuransi, pajak, depresiasi, keusangan, kemerosotan, ongkos gudang, dan lain-lain. Ongkos penyimpanan juga meliputi ongkos kesempatan yang berkaitan dengan penyediaan dana yang bisa digunakan di lain tempat.

2. Ongkos Pemesanan

Berkaitan dengan pemesanan dan penerimaan inventori. Ongkos ini meliputi:

- a. Mencerminkan banyaknya kebutuhan
- b. Mempersiapkan *order* pembelian
- c. Pemeriksaan kualitas dan kuantitas dari kedatangan perlengkapan

3. Ongkos Kekurangan Persediaan

Apabila dijumpai tidak ada barang pada saat diminta, maka akan terjadi kekurangan persediaan. Kekurangan ini akan menimbulkan kerugian karena proses produksi terganggu dan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan menjadi hilang. Satu hal yang amat penting dari keadaan ini adalah beralihnya konsumen ke orang lain dan ini merupakan kerugian yang sangat besar. Ongkos ini meliputi:

- a. Ongkos untuk melakukan tindakan penanggulangan berupa pemesanan darurat yang biasanya menimbulkan biaya tambahan, biaya perbaikan atau tindakan lain yang ditujukan untuk mengatasi keadaan ini.
- b. Ongkos yang timbul karena kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan.
- c. Ongkos akibat kerugian yang diderita karena terhentinya kegiatan produksi.

2.4 Peramalan Permintaan (*Forecasting*)

Pada bagian ini akan dijelaskan terkait dengan konsep umum dan prosedur dari peramalan permintaan (*forecasting*).

2.4.1 Konsep Peramalan Permintaan

Peramalan merupakan perkiraan permintaan dimasa mendatang yang dapat ditentukan dengan perhitungan matematis menggunakan data historis dan dapat dibuat secara subjektif melalui perkiraan sumber daya informal. (Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991, h.77). Peramalan dapat juga merupakan suatu tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang (Biegel, et al., 2009, h.19). Peramalan ini juga merupakan suatu alat bantu yang penting untuk melakukan perencanaan yang efektif dan efisien. (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.3). Dari beberapa pendapat ahli dapat dikatakan bahwa peramalan merupakan suatu teknik untuk memprediksi atau memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun masa kini.

Tujuan peramalan adalah menganalisis data masa lalu untuk menentukan karakteristik data yang akan terjadi di masa yang akan datang ditunjukkan dengan terbentuknya pola dari data tersebut. (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.3). Adapun manfaat peramalan sangat dibutuhkan untuk menentukan keputusan-keputusan yang akan diambil oleh organisasi antara lain (Maridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.4):

1. Penjadwalan sumber daya tersedia

Penggunaan sumber daya yang efisien memerlukan penjadwalan produksi, transportasi, kas, personalia dan sebagainya. *Input* yang penting untuk penjadwalan seperti itu adalah ramalan tingkat permintaan untuk produk, bahan, tenaga kerja, finansial, atau jasa pelayanan.

2. Kebutuhan sumber daya tambahan

Waktu tenggang (*lead time*) untuk memperoleh bahan baku, menerima pekerja baru, atau membeli mesin dan peralatan dapat berkisar antara beberapa hari sampai beberapa tahun. Peramalan diperlukan untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa mendatang.

3. Penentuan sumber daya yang diinginkan

Setiap organisasi harus menentukan sumber daya yang ingin dimiliki dalam jangka panjang. Keputusan semacam itu bergantung pada kesempatan pasar,

faktor-faktor lingkungan, dan pengembangan internal dari sumber daya finansial, manusia, produk, dan teknologi. Semua penentuan ini memerlukan ramalan yang baik dan manajer yang dapat menafsirkan pendugaan serta membuat keputusan yang tepat.

Dilihat dari sifat ramalan yang telah disusun, maka peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu (Biegel, et al., 2009, h.23) :

1. Peramalan kualitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif masa lalu. Hasil peramalan yang ada sangat tergantung pada orang yang menyusunnya, karena peramalan tersebut sangat ditentukan oleh pemikiran yang bersifat intuisi, *judgement* (pendapat) dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya.
2. Peramalan kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Metode yang baik adalah metode yang memberikan nilai-nilai perbedaan atau penyimpangan yang terkecil. Peramalan kuantitatif hanya dapat digunakan apabila terdapat tiga kondisi sebagai berikut:
 - a. Tersedianya data tentang masa lalu.
 - b. Data tersebut dapat dikuantifikasikan dalam bentuk data numerik.
 - c. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola yang lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

Pada dasarnya metode peramalan kuantitatif dibedakan atas dua bagian, yaitu (Ginting, 2007, h.43):

1. Metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu, yang merupakan deret waktu (*time series*).
2. Metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel lain yang mempengaruhinya (*causal*).

2.4.2 Prosedur Peramalan Permintaan

Prosedur umum yang digunakan dalam peramalan secara kuantitatif adalah (Ginting, 2007, h.44):

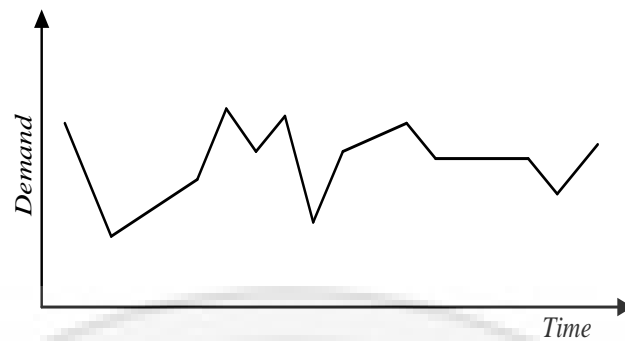
1. Definisikan tujuan peramalan
2. Pembuatan diagram pencar
3. Pilih minimal dua metode peramalan yang dianggap sesuai
4. Hitung parameter-parameter fungsi peramalan
5. Hitung kesalahan setiap metode peramalan
6. Pilih metode yang terbaik (nilai kesalahan terkecil)
7. Lakukan verifikasi peramalan

Prosedur analisis metode deret waktu (*time series*) umum digunakan untuk melakukan peramalan secara kuantitatif. Melalui analisis metode ini dapat menunjukkan bagaimana permintaan terhadap suatu produk tertentu bervariasi terhadap waktu. Sifat dari perubahan permintaan dari tahun ke tahun dirumuskan untuk meramalkan penjualan masa yang akan datang.

Langkah awal dalam prosedur peramalan metode deret berkala (*time series*) adalah mempertimbangkan jenis pola data yang tepat, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Pola data dapat dibedakan menjadi 4 jenis pola data, yaitu (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.3):

1. Pola horizontal (H) atau *horizontal data pattern*

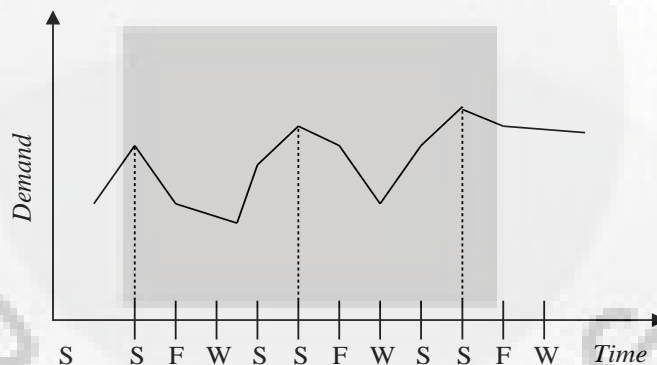
Pola data ini terjadi bilamana data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama kurun waktu tertentu termasuk jenis pola ini. Bentuk pola datanya tidak teratur, tetapi jika ditarik garis horizontal, datanya mendekati rata-rata seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Pola Data Horizontal

2. Pola musiman (S) atau *seasonal data pattern*

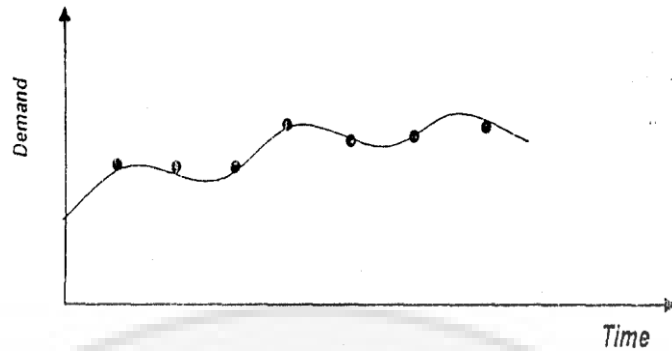
Pola data ini terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman. Misalnya dalam kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu. Penjualan dari produk seperti minuman ringan, es krim, dan bahan bakar pemanas ruangan menunjukkan pola data ini. Pada pola musiman itu terjadi berulang dengan sendirinya pada interval yang tetap seperti tahun, bulan, atau minggu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Pola Data Musiman

3. Pola siklis (C) atau *cyclied data pattern*

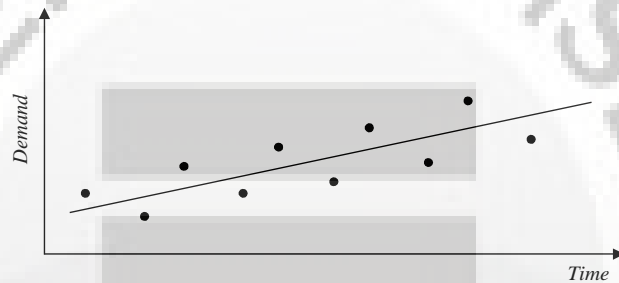
Pola data ini terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Penjualan produk seperti mobil, baja, dan peralatan utama lainnya menunjukkan pola data ini. Pola siklis mempunyai jangka waktu yang lebih lama dan lamanya berbeda dari siklus yang lain. Bentuk pola data siklis ditunjukkan Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Pola Data Siklis

4. Pola *trend* (T) atau *trend data pattern*

Pola data ini terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. *Trend* dapat dimodifikasi oleh fenomena musiman.. Bentuk pola data *trend* ditunjukkan Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Pola Data Trend

Langkah prosedur selanjutnya yaitu menentukan metode peramalan deret waktu yang tepat. Beberapa metode peramalan deret waktu adalah sebagai berikut:

a. *Simple Average*

Pada sekumpulan data yang meliputi N periode waktu terakhir ditentukan T titik data pertama sebagai inisialisasi dan sisanya sebagai pengujian. Metode *Simple Average* mengambil rata-rata dari semua data dalam kelompok inisialisasi tersebut sebagai ramalan untuk periode (T+1). (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.70):

$$F_{T+1} = \frac{\sum_{i=1}^T X_i}{T} \dots \dots \dots (II.1)$$

dimana:

F_{t+i} = hasil ramalan (*forecast*)

X_i = *demand* pada periode ke-i

T = periode pengamatan

b. *Single Moving Average*

Pada metode peramalan *Single Moving Average*, setiap muncul nilai observasi baru maka nilai rata-rata baru dapat dihitung dengan membuang nilai observasi yang paling awal dan memasukkan nilai observasi yang terbaru. Metode ini hampir sama dengan metode *Simple Average* namun pada metode ini pengaruh data paling tua atau paling lama dikurangi dengan cara tidak memasukkan data yang paling lama kepada perhitungan yang tergantung dari nilai observasi awal. Rata-rata bergerak ini kemudian akan menjadi ramalan untuk periode mendatang. Perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.72):

$$F_{T+r} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=r}^{T+r-1} X_i}{T} \dots\dots\dots (II.2)$$

dimana :

- F_{T+r} = hasil ramalan
- T = periode pengamatan
- r = observasi paling awal

c. *Double Moving Average*

Metode ini menjelaskan suatu variasi dari prosedur rata-rata bergerak yang diinginkan untuk dapat mengatasi adanya *trend* secara lebih baik. Dasar metode ini adalah menghitung rata-rata bergerak kedua. Perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.79):

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}}{N} \dots\dots\dots (II.3)$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + S'_{t-2} + \dots + S'_{t-N+1}}{N} \dots\dots\dots (II.4)$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2 S'_t - S''_t \dots\dots\dots (II.5)$$

$$b_t = \frac{2}{N-1} (S'_{t-1} - S''_{t-1}) \dots\dots\dots (II.6)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t \cdot m \dots\dots\dots (II.7)$$

dimana :

F_{t+m} = hasil ramalan

S'_t = pemulusan pertama

S''_t = pemulusan kedua

a_t = koefisien intersep

b_t = koefisien kemiringan

N = periode yang bergerak

m = jumlah periode ke depan

d. *Single Exponential Smoothing* (Pemulusan Eksponensial Tunggal)

Perhitungan implikasi untuk pemulusan eksponensial dapat dilihat, lebih baik bila persamaannya diperluas dengan mengganti F dengan komponen sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.86) :

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= \alpha X_t + (1 - \alpha) [(\alpha X_t - t) + (1 - \alpha) F_{t-1}] \\ &= \alpha X_t + \alpha (1 - \alpha) X_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \dots\dots\dots (II.8) \end{aligned}$$

Jika proses substitusi ini diulangi dengan mengganti F_{t-1} dengan komponennya, F_{t-2} dengan komponennya dan seterusnya, hasilnya adalah persamaan :

$$\begin{aligned} F_{t+1} = & \alpha X_t + \alpha (1-\alpha) X_{t-1} + \alpha (1-\alpha)^2 X_{t-2} + \alpha (1-\alpha)^3 X_{t-3} + \alpha (1-\alpha)^4 X_{t-4} + \\ & \alpha (1-\alpha)^5 X_{t-5} + \dots + \alpha (1-\alpha)^{N-1} X_{t-(N-1)} + (1-\alpha)^N F_{t-(N-1)} \dots\dots\dots (II.9) \end{aligned}$$

Cara lain untuk menuliskan persamaan di atas adalah dengan susunan sebagai berikut :

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (X_t - F_t) \dots\dots\dots (II.10)$$

Secara sederhana :

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (et) \dots\dots\dots (II.11)$$

dimana :

F_{t+1} = hasil ramalan

X_t = *demand* aktual

F_t = *demand* peramalan

e_t = kesalahan ramalan untuk periode t

α = konstanta pemulusan yang nilainya berkisar antara $0 - 1$ ($0 \leq \alpha \leq 1,0$)

e. *Double Exponential Smoothing from Brown* (Pemulusan Eksponensial Ganda: Metode *Linier* Satu Parameter dari *Brown*)

Dasar pemikiran dari pemulusan *eksponensial linier* dari *Brown* adalah serupa dengan rata-rata bergerak linier, karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur *trend*. Perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.94):

$$S'_t = \alpha X_t + (1-\alpha) S'_{t-1} \dots \dots \dots (II.12)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1-\alpha) S''_{t-1} \dots \dots \dots (II.13)$$

Dimana S'_t adalah nilai pemulusan exponential tunggal dan S''_t adalah nilai pemulusan exponential ganda.

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2 S'_t - S''_t \dots \dots \dots (II.14)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t) \dots \dots \dots (II.15)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \dots \dots \dots (II.16)$$

dimana :

F_{t+m} = hasil ramalan

X_t = *demand* aktual

S'_t = pemulusan pertama

S''_t = pemulusan kedua

a_t = nilai rata-rata yang disesuaikan dengan untuk periode t

b_t = *trend*

α = konstanta pemulusan yang nilainya berkisar antara $0 - 1$ ($0 \leq \alpha \leq 1,0$)

m = jumlah periode ke depan

f. *Double Exponential Smoothing from Holt* (Pemulusan Eksponensial Ganda: Dua-Parameter dari *Holt*)

Metode pemulusan *eksponensial linier* dari Holt dalam prinsipnya serupa dengan Brown kecuali bahwa Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memuluskan nilai *trend* dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Ramalan dari pemulusan eksponensial linier Holt didapat dengan menggunakan dua konstanta pemulusan (dengan nilai antara 0 dan 1) dan tiga persamaan, yaitu (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.97):

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \dots\dots\dots (II.17)$$

$$b_t = \alpha (S_t - S_{t-1}) + (1-\alpha)b_{t-1} \dots\dots\dots (II.18)$$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \dots\dots\dots (II.19)$$

inisialisasi $S_t = X_1$; $b_1 = X_2 - X_1$

dimana :

F_{t+m} = hasil ramalan

X_t = *demand* aktual

S_t = pemulusan eksponensial

b_t = koefisien kemiringan

α = koefisien intersep

β = koefisien kemiringan

m = jumlah periode ke depan

Langkah prosedur uji kesalahan dan verifikasi diperlukan untuk mencocokkan hasil dari *plotting* data dengan metode peramalan yang akan digunakan. Adapun ukuran-ukuran ketepatan metode peramalan yang dapat digunakan dalam peramalan adalah sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1993, h.44):

1) Ukuran Statistik Standar

Ukuran statistik standar meliputi ukuran-ukuran dengan teknik-teknik sebagai berikut:

a. Rata-rata Kesalahan (*Mean Error*)

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \dots\dots\dots (II.20)$$

b. Nilai Tengah Kesalahan Absolut (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \dots\dots\dots (II.21)$$

c. Jumlah Kuadrat Kesalahan (*Sum of Squared Error*)

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \dots\dots\dots (II.22)$$

d. Rata-rata Kesalahan Kuadrat (*Mean Squared Error*)

Untuk melihat apakah data yang kita ambil memiliki perbedaan simpangan kesalahan yang cukup kecil, maka harus dicari *error* yang terkecil sehingga kita bisa memperkirakan bahwa antara hasil ramalan dan data observasi diyakini tidak memiliki perbedaan yang mencolok.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \dots\dots\dots (II.23)$$

e. Deviasi Standar Kesalahan (*Standar Deviation of Error*)

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (II.24)$$

2) Ukuran-Ukuran Relatif

Ukuran-ukuran relatif digunakan sehubungan adanya keterbatasan dari ukuran statistik standar. Adapun ukuran relatif tersebut adalah Rata-rata Kesalahan Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*). Rata-rata Kesalahan Persentase Absolut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_i|}{n} \dots\dots\dots (II.25)$$

a. Kesalahan Persentase (*Percentage Error*)

$$PE_i = \frac{(X_i - F_i)}{X_i} \times 100 \% = \frac{e_i}{X_i} \times 100 \% \dots\dots\dots (II.26)$$

b. Rata-rata Kesalahan Persentase (*Mean Percentage Error*)

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_i}{n} \dots\dots\dots (II.27)$$

3) Ukuran Statistik dari *U- Theil*

a. Uji *U-Theil*

Statistik ini memungkinkan suatu perbandingan relatif antara metode peramalan formal dengan pendekatan naif dan juga mengkuadratkan kesalahan yang terjadi sehingga kesalahan yang besar diberikan lebih banyak bobot daripada kesalahan yang kecil.

$$Pembilang_i = \frac{F_{i+1} - X_{i+1}}{X_i} \quad Penyebut_i = \frac{X_{i+1} - X_i}{X_i}$$

$$U \text{ Theil} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} pembilang}{\sum_{i=1}^{n-1} penyebut}} \dots\dots\dots (II.28)$$

Kisaran nilai statistik - *U* adalah sebagai berikut:

- $U = 1$; metode naif sama baiknya dengan teknik peramalan yang dievaluasi.
- $U < 1$; teknik peramalan yang digunakan adalah lebih baik dari pada metode naif. Makin kecil nilai statistik – *U*, makin baik teknik peramalan dibanding metode naif secara relatif.
- $U > 1$; tidak ada gunanya menggunakan metode peramalan formal, karena menggunakan metode naif akan menghasilkan ramalan yang lebih baik.

b. Rata-Rata *Batting McLaughlin*

Rata-rata *batting* dari *mclaughlin* merupakan penyelesaian dari *u theil*, ukuran rata-rata *batting* digunakan untuk mengukur keakuratan sesuatu pengukuran. Dimana nilai rata-rata *batting* berkisar antara 200-400.

Untuk mengetahui rata-rata *batting* dari *mclaughlin* sebenarnya dapat diperoleh dari statistik *u theil* dengan cara mengurangi 4 dengan nilai tersebut dan mengalikan hasilnya dengan 100.

$$Rata-rata \text{ batting} = (4 - u \text{ theil}) \times 100 \dots\dots\dots (II.29)$$

4) Ukuran Lainnya: Pengujian *Durbin-Watson*

Ukuran lainnya dari pengujian metode ketepatan peramalan adalah statistik *durbin waston*. Statistik ini merupakan suatu ukuran yang sangat berguna. Pada hakekatnya ukuran ini bukan merupakan suatu ukuran ketepatan, melainkan suatu ukuran yang dapat digunakan untuk menunjukkan apakah masih terdapat sisa pola didalam nilai kesalahan setelah suatu model peramalan diterapkan. Pengujian *durbin waston* ini digunakan apabila terdapat jumlah yang sama pada pemilihan metode peramalan terbaik.

Perhitungannya hanya dilakukan untuk metode peramalan yang terbaik yang memiliki jumlah yang sama.

Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D - W = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \dots\dots\dots (II.30)$$

2.5 Perencanaan Agregat dan Penjadwalan Produksi Induk (JPI)

Pada subab ini akan dijelaskan konsep dan teori terkait dengan perencanaan agregat dan disagregasi rencana agregat yaitu JPI. Awal subab akan menjelaskan teori terkait perencanaan agregat dan JPI. Subab selanjutnya akan menjelaskan pendekatan optimasi menggunakan *Linier Programming* (LP) dalam perencanaan agregat dan algoritma disagregasi perencanaan agregat untuk dihasilkan JPI.

2.5.1 Perencanaan Agregat

Perencanaan agregat merupakan hasil rencana dari pengukuran tenaga kerja dan tingkat produksi dalam kumpulan perencanaan fasilitas yang telah diberikan. Rencana yang dimaksud merupakan rencana umum yang dibuat masing-masing periode untuk periode berikutnya (Bedworth dan Bailey, 1987, h.126). Tujuan perencanaan agregat adalah utilisasi secara produktif dari sumberdaya (pekerja dan peralatan mesin). Kata *agregat* menunjukkan perencanaan diarahkan dari *gross level* untuk memenuhi total permintaan dari

semua produk yang menggunakan bersama sumberdaya terbatas dari fasilitas yang digunakan Bedworth dan Bailey, 1987, h.121).

Metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah-masalah dalam perencanaan agregat, terdiri dari metode kualitatif dan metode kuantitatif. Beberapa macam metode *Agregat Planning* adalah sebagai berikut (Narasimhan dan McLeavey, 1985):

1. *Nonquantitative* atau Metode *Intuitive*, di hampir seluruh organisasi terdapat tujuan dan pandangan, bagian pemasaran menginginkan adanya keanekaragaman produk dan persediaan *buffer* dalam jumlah yang banyak. Bagian lebih menginginkan ragam produk yang sedikit sehingga dapat menghindari ongkos set up yang tidak diperlukan, sedangkan bagian *financial* menganggap bahwa semakin sedikit persediaan akan lebih baik untuk meminimasi ongkos persediaan dan ongkos yang ditimbulkan oleh persediaan. (Narasimhan dan McLeavy, 1985, h.300).
2. *Turnover Ratio*, merupakan suatu konsep yang selalu digunakan dalam perencanaan produksi. *Turnover ratio* digunakan untuk mengendalikan kapasitas produksi, meskipun masih memiliki suatu kelemahan, tetapi mampu mengendalikan persediaan untuk permintaan yang tidak tentu (Narasimhan dan McLeavy, 1985, h.301).
3. *Charting dan Metode Graphical*, metode ini hanya sedikit membutuhkan upaya secara perhitungan atau komputerisasi. Intisari dari permasalahan perencanaan produksi adalah digambarkan dengan grafik kebutuhan produksi dan proyeksi kumulatif beban kerja (Narasimhan dan McLeavy, 1985, h.301).
4. Metode Tabular, metode ini biasanya digunakan untuk menganalisis proses pada *General Comment*, metode ini terbagi dalam tiga jenis, yaitu model FIFO (*First in First Out*), model LIFO (*Last in First Out*) dan model transportasi (*Least Cost*) (Narasimhan dan McLeavy, 1985, h.308).
5. *The Linear Programming Method*, metode *Linear Programming* (LP), mampu membuat sebuah solusi dengan suatu strategi campuran, sehingga dapat meminimasi total biaya dari program tersebut.
6. *Simulation Method*

Simulation memungkinkan perencana untuk memformulasikan sebuah model dengan tipe-tipe ongkos yang berbeda (linier, kuadrat, eksponensial, dan lain-lain) dan dengan perubahan ongkos pada poin spesifik pada suatu waktu atau pada jumlah produksi yang spesifik. Selanjutnya model simulasi dapat memperkirakan kebenaran lebih dekat daripada seorang analisis di kebanyakan situasi (Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991, h.67).

2.5.2 Disagregasi dan Jadwal Produksi Induk (JPI)

Disagregasi adalah aktivitas pengkonversian *level* produksi yang telah direncanakan ke dalam kuantitas dari masing-masing model produk yang telah dikerjakan pada perencanaan fasilitas (Bedworth dan Bailey, 1987, h.126). Jadwal produksi induk (JPI) merupakan keluaran dari disagregasi sebuah perencanaan agregat. JPI menggabungkan produk-produk yang sama (identik) ke dalam kelompok produk, memecah permintaan dalam bulanan dan kadang-kadang menentukan kelompok atau produk, tenaga kerja yang dibutuhkan untuk setiap *end item* dan pelayanan yang harus dijadwalkan secara spesifik pada setiap stasiun kerja. Selain itu, JPI merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir (termasuk suku cadang) dari suatu perusahaan industri manufaktur yang merencanakan untuk memproduksi output yang berkaitan dengan kuantitas dan periode waktu (Gaspersz, 2001, h.141).

Jadwal Produksi Induk bukanlah merupakan suatu ramalan penjualan tetapi benar-benar suatu rencana produksi yang fisibel yang memperhatikan faktor-faktor:

- a. Kapasitas/beban produksi dan perubahannya
- b. Perubahan dalam persediaan produk jadi
- c. Fluktuasi permintaan
- d. Efisiensi dan faktor utilitas dari faktor-faktor produksi
- e. *Lot sizing* produksi

Berikut ini dikemukakan penjelasan singkat berkaitan dengan informasi yang ada dalam jadwal produksi induk (Gaspersz, 2001, h.159):

- *Leadtime* adalah waktu tenggang (banyaknya periode) yang dibutuhkan untuk memproduksi atau membeli suatu item.

- *On Hand* adalah posisi persediaan awal secara fisik tersedia dalam stok, yang merupakan kuantitas dari item yang ada dalam stok.
- *Lot Size* adalah kuantitas dari item yang biasanya dipesan dari pabrik atau pemasok. Sering disebut juga sebagai kuantitas pesanan (*order quantity*) atau ukuran *batch* (*batch size*).
- *Safety Stock* adalah stok tambahan dari item yang direncanakan untuk berada dalam persediaan yang dijadikan sebagai stok pengaman guna mengatasi fluktuasi dalam ramalan penjualan, pesanan-pesanan pelanggan dalam waktu singkat, penyerahan item untuk pengisian kembali persediaan, dan lain-lain. Fungsi utama dari Jadwal Produksi Induk dapat dibedakan berdasarkan jangka waktu/horison perencanaan sebagai berikut:

1. Jangka Pendek

Dalam perencanaan jangka pendek, Jadwal Produksi Induk bertindak sebagai basis dari perencanaan kebutuhan material atau *Material Requirement Planning* (MRP), rencana produksi dari komponen, perencanaan prioritas pemenuhan kebutuhan pelanggan dan perencanaan kapasitas produksi jangka pendek.

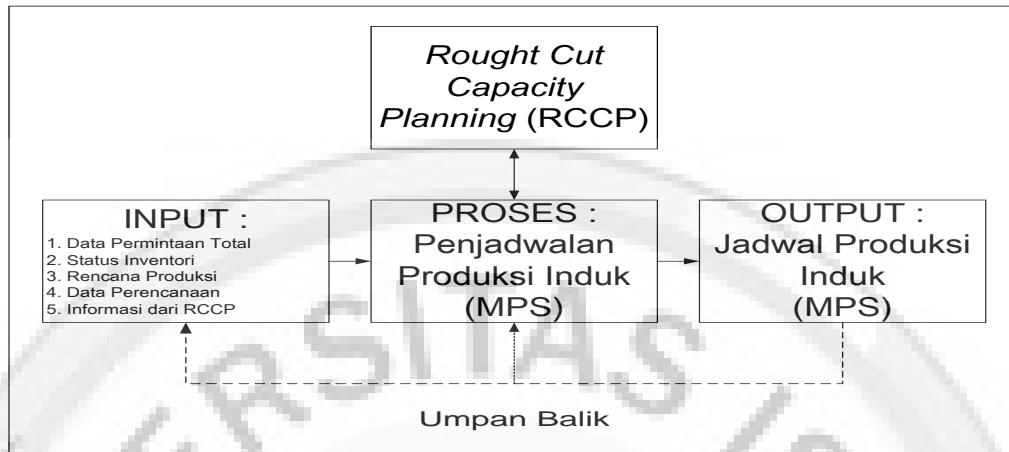
2. Jangka Panjang

Dalam perencanaan jangka panjang, Jadwal Produksi Induk bertindak sebagai basis dalam memperkirakan permintaan jangka panjang yang merupakan dasar bagi perencanaan sumber produksi jangka panjang seperti kapasitas produksi dan kapasitas gudang.

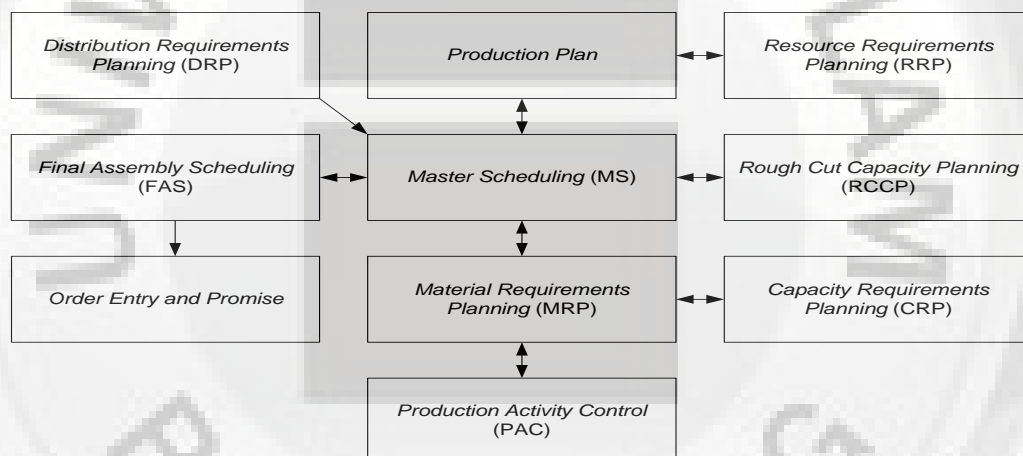
Penjadwalan Produksi Induk pada dasarnya berkaitan dengan aktivitas melakukan empat fungsi utama sebagai berikut (Gaspersz, 2001, h.142):

- a. Menyediakan atau memberikan input utama kepada sistem perencanaan kebutuhan material dan kapasitas
- b. Menjadwalkan pesanan-pesanan produksi dan pembelian (*production and purchase orders*) untuk item-item MPS.
- c. Memberikan landasan untuk penentuan kebutuhan sumber daya dan kapasitas.
- d. Memberikan basis untuk pembuatan janji tentang penyerahan produk (*delivery promise*) kepada pelanggan.

Pada Gambar 2.9 dan 2.10 memperlihatkan bagaimana keterkaitan Jadwal Produksi Induk (JPI) atau *Master Production Scheduling (MPS)* terhadap berbagai aktivitas lain dalam perencanaan dan pengendalian kapasitas produksi.



Gambar 2. 10 Proses Penjadwalan Produksi Induk
(Sumber : Gaspersz, 2001, hal 142)



Gambar 2. 11 Hubungan JPI dengan Perencanaan Manufaktur dan Aktivitas Kontrol
(Sumber : Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991, h.122)

Jadwal Produksi Induk mampu memberikan informasi kepada bagian *marketing* kapan penyelesaian produk terlaksana, disamping hal tersebut mampu mengevaluasi kebutuhan kapasitas secara lebih detail dan dasar keputusan untuk mengambil tindakan apabila permintaan mampu dipenuhi dengan kapasitas normal, dan pada akhirnya memberikan kesempatan pada pihak manajemen untuk mengevaluasi tercapainya rencana bisnis lainnya dan strategi objektif.

2.5.3 Pendekatan Optimasi Perencanaan Agregat dan Disagregasi Pejadwalan Produksi Induk (JPI)

Buffa dan Bowman (1956) memberikan formula pendekatan *linier programming* (LP) dalam perencanaan agregat yang mempertimbangkan variabel keputusan tingkatan produksi, ukuran *workforce*, *overtime*, *stockout*, *hiring* dan *layoff*. Asumsi utama dari model ini bahwa biaya dari variabel keputusan tersebut adalah linier dan variabel dapat diambil dari nilai nyata (Bedworth dan Bailey, 1987, h.126).

Asumsi yang digunakan untuk menggunakan model ini yaitu (Ginting, 2007, h.87):

1. Laju permintaan (*demand rate*) D_t diketahui dan diasumsikan deterministik.
2. Biaya produksi pada jam kerja normal linier dan asumsikan biaya produksi normal, biaya produksi lembur dan biaya subkontrak secara berturut memiliki besaran $C_3 > C_2 > C_1$.
3. Biaya perubahan biaya produksi berfungsi linier.
4. Batas atas dan batas bawah mempresentasikan ketersediaan kapasitas produksi dan tempat penyimpanan.
5. Biaya yang timbul berkaitan dengan adanya persediaan (*backlog*).

Dalam model ini diasumsikan bahwa yang menjadi fungsi tujuan adalah minimasi biaya produksi, penambahan-pengurangan tenaga kerja, lembur mengganggu dan persediaan.

Minimasi:

$$C = r \sum_{t=1}^k Pt + h \sum_{t=1}^k At + f \sum_{t=1}^k Rt + v \sum_{t=1}^k Ot + c \sum_{t=1}^k It \dots \dots \dots \text{(II.31)}$$

Dengan kendala:

$$Pt \leq Mt \quad ; t = 1,2,3,\dots,k \dots \dots \dots \text{(II.32)}$$

$$Ot \leq Yt \quad ; t = 1,2,3,\dots,k \dots \dots \dots \text{(II.33)}$$

$$It = I_{t-1} + Pt + Ot - Dt \quad ; t = 1,2,3,\dots,k \dots \dots \dots \text{(II.34)}$$

$$At \geq Pt - P_{t-1} \quad ; t = 1,2,3,\dots,k \dots \dots \dots \text{(II.35)}$$

$$Rt \geq P_{t-1} - Pt \quad ; t = 1,2,3,\dots,k \dots \dots \dots \text{(II.36)}$$

Dimana:

t, v = biaya produksi/ unit secara berturut-turut untuk jam normal.

P_t, O_t = jumlah unit yang diproduksi berturut jam normal dan lembur.

- h,f = berturut biaya penambahan dan pengurangan tenaga kerja/unit.
At, Rt = berturut jumlah kenaikan dan penurunan unit produksi.
c = biaya penyimpanan/unit.
Dt = ramalan permintaan.

Kendala kesatu dan kedua merupakan kemampuan produksi maksimum pada jam kerja normal (Pt) dan jam kerja lembur (Ot) tidak melebihi kapasitas (Mt & Yt). Kendala ketiga menggambarkan hubungan persediaan. Kendala keempat dan kelima menunjukkan hubungan penambahan dan pengurangan tenaga kerja jika laju produksi meningkat atau menurun.

Rencana agregat menyatakan ukuran *workforce* dan ukuran produksi dalam bentuk keseluruhan tidak memperhatikan spesifikasi produk. Rencana ini harus didisagregasi ke dalam jumlah produksi masing-masing produk. Hasil disagregasi ini menjadi jadwal induk produk akhir untuk input sistem MRP (Bedworth dan Bailey, 1987, h.126). Terdapat beberapa metode pendekatan algoritma optimasi untuk memecahkan permasalahan disagregasi, diantaranya:

1. *Hax and Meal Method*

Perhitungan disagregasi dilakukan per periode, dimana persediaan akhir pada suatu bulan akan menjadi persediaan awal pada bulan berikutnya.

Iterasi pertama = Disagregasi pada bulan 1

- Perhitungan *demand* tiap item
- Penentuan keputusan perlunya suatu item diproduksi

Kriteria:

- ❖ Suatu item perlu diproduksi apabila jumlah unit di gudang tidak mencukupi target
- ❖ Suatu item tidak perlu diproduksi apabila jumlah unit di gudang mencukupi target

Target produksi adalah jumlah unit yang harus dipenuhi untuk memuaskan konsumen. Apabila perusahaan tidak memerlukan adanya *safety stock*, maka target yang perlu dipenuhi adalah sesuai dengan permintaan konsumen. Lain halnya apabila perusahaan yang memerlukan adanya *safety stock* untuk merespon adanya ketidakpastian (baik ketidakpastian permintaan atau ketidakpastian *leadtime*), maka target yang perlu disediakan adalah sebesar

permintaan konsumen ditambah dengan *safety stock* yang harus diproduksi sebagai cadangan pengaman.

Apabila dibuat dalam bahasa algoritma, maka:

- Suatu item perlu diproduksi jika:
 - Tanpa *safety stock*, jika jumlah persediaan (I_{ij}) < demand (D_{ij})
 - Dengan *safety stock*, jika jumlah persediaan (I_{ij}) < demand (D_{ij}) + *safety stock* (S_{ij})
- Suatu item tidak perlu diproduksi jika:
 - Tanpa *safety stock*, jika jumlah persediaan (I_{ij}) \geq demand (D_{ij})
 - Dengan *safety stock*, jika jumlah persediaan (I_{ij}) \geq demand (D_{ij}) + *safety stock* (S_{ij})

Perhitungan *Safety Stock*:

$$SS = z \cdot \delta \cdot \sqrt{L_t} \dots\dots\dots (II.37)$$

Dimana:

Z: Nilai dari tabel distribusi normal dengan *confidence level* tertentu. Dimana *service level* ditentukan oleh pihak manajemen berdasarkan tingkat kemampuan yang diinginkan perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumennya.

δ : Standar deviasi permintaan masa lalu untuk melihat besarnya *fluktuasi* atau ketidakpastian permintaan, maka cadangan untuk mengantisipasi juga harus besar.

L_t : *Leadtime* produk

Perhitungan Ukuran Lot Produksi (Q_{ij}^*) Dengan Metode EOM (*Economic Order Manufacture*)

$$Q_{ij}^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda_i \cdot (D_{ij})^2}{\sum h_{ij} \cdot D_{ij}}} \dots\dots\dots (II.38)$$

- Dimana :
- λ_i = Biaya *set up* famili i item j
 - D_{ij} = *Demand* item j famili i item j
 - h_{ij} = Biaya simpan famili i item j

Penentuan jumlah item yang diproduksi

- a) Menentukan ukuran lot produksi

- b) Konversi ukuran lot produksi dalam satuan agregat
- c) Apabila jumlah lot yang diproduksi tidak sesuai dengan rencana agregat, maka tentukan faktor indeks (*multiple index*) yang mampu melipatkan ukuran lot produksi sedemikian sehingga apabila dijumlahkan, hasilnya sama dengan ukuran rencana agregat

d)
$$F_{\text{index}} = \frac{\text{Total rencana agregat}}{\text{Total lot produksi}} \dots\dots\dots (II.39)$$

- e) Normalisasi ukuran lot produksi sesuai dengan indeksnya.

2. *Convex Knapsack Method (Hax and Bitran Method)*

Metode *Convex Knapsack (Hax and Bitran)* ini terdiri dari 2 algoritma, yaitu (Bedworth dan Bailey, 1987, h.147):

- a. Algoritma untuk membagi kuantitas rencana agregat ke dalam kuantitas famili produk
- b. Algoritma untuk membagi kuantitas produk, ke famili dalam kuantitas produk individu

Sebelum melanjutkan prosedur di atas, terlebih dahulu akan dibahas istilah-istilah yang digunakan dalam produk campuran (*product mix*). Famili didefinisikan sebagai sekumpulan produk sejenis yang layak diproduksi bersama, dipandang dari sudut ekonomi dan teknologi. Dengan kata lain, karena biaya pergantian produksi dari satu famili ke famili lain besar, perlu dilakukan perencanaan untuk menentukan famili mana yang akan diproduksi sebelum menentukan untuk pindah ke famili lainnya. Secara umum, di dalam suatu pabrik ada beberapa famili. Kumpulan famili disebut tipe produksi.

Langkah pertama prosedur ini yaitu menentukan famili mana yang akan diproduksi. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah produk tersedia dan jumlah permintaan setiap produk dalam famili. Jika ekspektasi jumlah produk pada akhir periode lebih kecil dari persediaan cadangan (*safety stock*), maka seluruh produk dalam famili tersebut diproduksi. Secara formal untuk produk *j* dalam famili *i*, jika jumlah ekspektasi $q_{ij,t}$ pada akhir

periode t lebih kecil dari persediaan cadangan SS_{ij} , seluruh produk dalam famili akan diproduksi.

Jika $I_{ij, t-1}$ adalah jumlah persediaan produk j pada akhir periode $t-1$ dan jumlah permintaan adalah $D_{ij,t}$ maka:

$$\text{Jika } q_{ij, t} = I_{ij, t-1} - D_{ij,t} \text{ dan jika : } \underset{\forall j \in i}{\text{Min}} \left\{ q_{ij, t} - SS_{ij} \right\} \leq 0 \dots\dots\dots (\text{II.40})$$

Maka setiap produk j dalam famili i , diproduksi pada periode t .

Formulasi masalah yang dikembangkan *Hax and Bitran*, yaitu:

$$\text{Min } z = \sum_{i \in Z} \frac{h_i x_i}{2} + \frac{S_i}{x_i} \sum_{j \in i} K_{ij} D_{ij,t} \dots\dots\dots (\text{II.41})$$

Mengacu pada:

$$\sum_{i \in Z} x_i = x^*; x_i \geq LB_i; x_i \leq UB_i \dots\dots\dots (\text{II.42})$$

Dimana:

S_i = Biaya *set-up* untuk memproduksi famili i

X^* = Kebutuhan produksi yang ditentukan pada rencana agregat

K_{ij} = Faktor konversi jumlah unit produksi j dalam famili i terhadap unit agregat produksi

$D_{ij,t}$ = Permintaan produk j dalam famili i pada periode t

h_i = Biaya simpan untuk produk famili i

X_i = Jumlah unit famili i yang diproduksi

LB_i = Batas bawah untuk produksi famili i

UB_i = Batas atas untuk produksi famili i

Z = Kumpulan famili yang diproduksi

Batas bawah ditentukan oleh kebutuhan untuk memenuhi persediaan cadangan pada periode berikutnya. Perhitungan dilakukan dengan:

$$LB_i = \sum_{\forall j \in i} \max \left[0, K_{ij} (D_{ij,t} - I_{ij,t-1} + SS_{ij}) \right] \dots\dots\dots (\text{II.43})$$

Batas atas diperlukan untuk menjamin kelebihan persediaan tidak terakumulasi. Sebagai contoh, suatu kebijaksanaan menentukan tidak lebih dari n periode persediaan. Perhitungan batas atas adalah:

$$UB_i = \sum_{\forall j \in i} K_{ij} \left[\left(\sum_{k=0}^{n-1} D_{ij,t+k} \right) - I_{ij,t-1} + SS_{ij} \right] \dots \dots \dots (II.44)$$

Jika $\sum UB_i < x^*$ maka solusi diatas akan menghasilkan unit diatas batas atas. Kelebihan produksi tersebut harus dialokasikan relatif terhadap biaya persediaan. Jika biaya tiap famili sama, maka tingkat produksi adalah:

$$y_i^* = \frac{x^* UB_i}{\sum_{\forall j \in i} UB_i} \dots \dots \dots (II.45)$$

Jika $\sum LB_i > x^*$, masalah diatas tidak fisibel dan persediaan akan dibawah *safety stock*. Dalam hal ini rencana produksi didistribusikan pada famili lain untuk menyeimbangkan biaya kekurangan persediaan. Agar biaya konstan, resiko *backorder* dikurangi (diratakan) menggunakan:

$$y_i^* = \frac{x^* LB_i}{\sum_{\forall j \in i} LB_i} \dots \dots \dots (II.46)$$

Jika $\sum LB_i \leq x^* \leq \sum UB_i$, algoritma diatas akan memberikan jadwal produksi sesuai dengan kapasitas yang dimiliki.

Algoritma pertama yaitu melakukan disagregasi famili. Langkah-langkah algoritma yaitu:

Untuk iterasi 1, set $\beta = 1$, $P^1 = x^*$ dan $Z^1 = z$

★ Langkah 1 : Hitung untuk setiap $i \in Z^1$

$$y_i^\beta = \frac{\sqrt{S_i \sum_{\forall j \in i} (K_{ij} D_{ij,t})}}{\sum_{i \in Z^1} \sqrt{S_i \sum_{\forall j \in i} (K_{ij} D_{ij,t})}} \cdot p^\beta \dots \dots \dots (II.47)$$

★ Langkah 2 : Untuk $i \in z^1$

Jika $LB_i \leq y_i^\beta \leq UB_i$, maka $y_i^* = y_i^\beta$

Jika $y_i^\beta < LB_i$ atau $y_i^\beta > UB_i$, maka lanjutkan ke langkah 3

★ Langkah 3 : Bagi famili lainnya menjadi 2 grup

$$z_+^\beta = \{i \in z^\beta : y_i^\beta > UB_i\} \text{ untuk semua famili dimana } y_i^\beta > UB_i$$

$$z_-^\beta = \{i \in z^\beta : y_i^\beta < LB_i\} \text{ untuk semua famili dimana } y_i^\beta < LB_i$$

Hitung :

$$\Delta^+ = \sum_{i \in Z_+^\beta} (y_i^\beta - UB_i) \text{ jika } y_i^\beta > UB_i$$

$$\Delta^- = \sum_{i \in Z_-^\beta} (LB_i - y_i^\beta) \text{ jika } y_i^\beta < LB_i$$

★ Langkah 4:

Jika $\Delta^+ \geq \Delta^-$ maka $y_i^* = UB_i$ untuk semua $i \in Z_+^\beta$

Jika $\Delta^+ < \Delta^-$ maka $y_i^* = LB_i$ untuk semua $i \in Z_-^\beta$

$\beta = \beta + 1$, $Z^{\beta+1} = Z^\beta \cup \{\text{seluruh famili } y_i^* \text{ yang ditemukan}\}$ dan

$P^{\beta+1} = P^\beta - y_i^*$ (untuk setiap i yang dijadwalkan pada iterasi β)

Jika $Z^{\beta+1} = \emptyset$ maka selesai. Apabila kondisinya lain, maka kembali ke langkah 1.

Langkah berikutnya yaitu membagi produksi famili menjadi produk individu. Algoritma disagregasi produk adalah sebagai berikut:

★ Langkah 1: Untuk setiap famili i yang diproduksi, tentukan jumlah periode N yang memenuhi

$$y_i^* \leq \sum_{\forall j \in i} K_{ij} \left\{ \sum_{n=1}^N D_{ijn} + SS_{ij} - I_{ijt-1} \right\} \dots \dots \dots \text{(II.48)}$$

★ Langkah 2: Hitung

$$E_i = \sum_{\forall j \in i} K_{ij} \left[\sum_{n=1}^N D_{ijn} + SS_{ij} - I_{ijt-1} \right] \dots \dots \dots \text{(II.49)}$$

★ Langkah 3: Untuk setiap produk dalam famili i , hitung jumlah produksi:

$$y_{ij}^* = \sum_{n=1}^N D_{ijn} + SS_{ij} - I_{ijt-1} - \left[\frac{E_i D_{ijN}}{\sum_{\forall j \in i} K_{ij} D_{ijN}} \right] \dots \dots \dots \text{(II.50)}$$

Jika $y_{ij}^* < 0$ untuk semua produk, misalnya $j = g$, maka $y_{ij}^* = 0$, keluarkan produk dari famili A .

2.6 Strategi Posisi Produk dalam Lingkungan Manufaktur

Strategi memposisikan produk mengarah kepada jenis persediaan perusahaan yang harus dikelola. Strategi ini kemungkinan terkait dengan kombinasi strategi berikut (Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991, h.2):

- a. Membuat produk jadi untuk disimpan (mengelola dan menjual dari persediaan produk jadi).
- b. Merakit produk akhir untuk pesanan (mengelola persediaan komponen, subkomponen dan pilihan).
- c. Menyesuaikan rancangan dan membuat produk jadi untuk pesanan (mengelola material yang biasanya digunakan).

Faktor-faktor yang menentukan strategi posisi produk ini adalah *leadtime* (waktu tenggang) manufaktur, waktu pelanggan rela untuk menunggu pengiriman produk dan derajat kustom yang diinginkan pelanggan. Kondisi dimana waktu pelanggan rela untuk menunggu pengiriman kurang dari waktu *leadtime* manufaktur, perusahaan harus mengelola persediaan produk akhir untuk pembelian jarak dekat (kemungkinan kehilangan bisnis kepada pesaing yang dapat menyediakan ketersediaan item).

Lingkungan sangat menentukan proses penjadwalan produksi induk (JPI). Lingkungan yang umum dipertimbangkan ketika akan mendesain JPI adalah sebagai berikut (Sipper and Bulfin, 1997, h.321):

a. *Make-to-Stock*

Pada strategi *make-to-stock*, persediaan biasanya dikirim secara langsung dari gudang produk akhir, dan karena itu ada stok sebelum pesanan pelanggan (*customer order*) tiba. Hal ini berarti produk akhir harus dibuat atau diselesaikan terlebih dahulu sebelum menerima pesanan pelanggan.

b. *Assemble-to-Order*

Pada dasarnya produk-produk dalam lingkungan *assemble-to-order* adalah *make-to-order product*, dimana semua komponen (*semifinished, intermediate, subassembly, fabricated, purchased, packaging*, dan lain-lain) yang digunakan dalam *assembly*, pengepakan, atau proses akhir, direncanakan atau dibuat lebih awal, kemudian disimpan dalam stok guna mengantisipasi pesanan pelanggan.

c. ***Make-to-Order***

Pada lingkungan *make-to-order* biasanya baru dikerjakan atau diselesaikan setelah menerima pesanan pelanggan. Sering kali komponen-komponen yang mempunyai waktu tunggu panjang (*long lead time*) direncanakan atau dibuat lebih awal guna mengurangi waktu tunggu penyerahan kepada pelanggan, apabila pelanggan memesan produk.

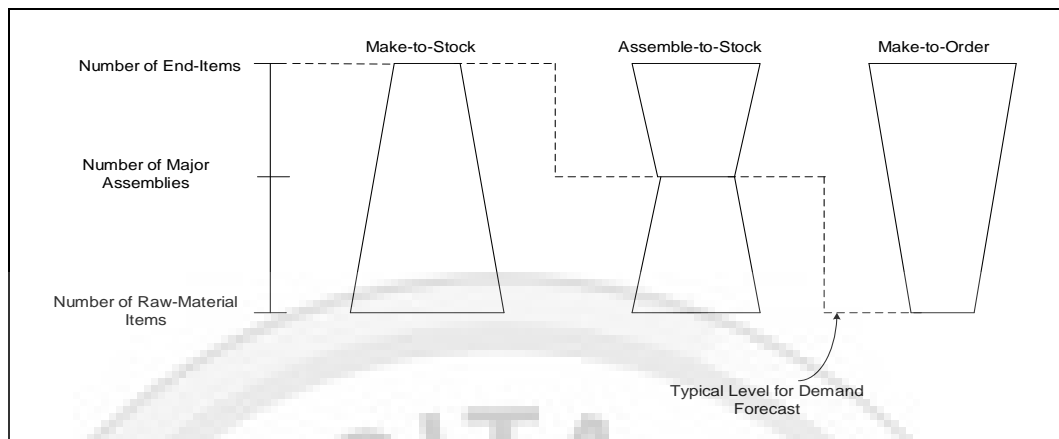
Karakteristik dari ketiga lingkungan di atas ditunjukkan dalam Tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Karakteristik dari Lingkungan

No	Karakteristik	<i>Make-to-Stock</i>	<i>Assemble-to-Order</i>	<i>Make-to-Order</i>
1	Keterkaitan antara pemasok (perusahaan industri) dan pelanggan (<i>customer</i>)	Rendah	Sedang	Tinggi
2	Waktu penyerahan produk ke pelanggan	Singkat	Sedang	Panjang
3	Volume produksi untuk setiap unit penjualan	Tinggi	Sedang	Rendah
4	Range dari <i>product line</i>	Rendah	Sedang	Tinggi
5	Basis untuk perencanaan dan penjadwalan produksi	Ramalan	Ramalan dan <i>backlog</i>	<i>Backlog</i>
6	Seasonalitas (pengaruh musiman)	Tinggi	Sedang	Rendah
7	Stabilitas produk	Tinggi	Sedang	Rendah
8	Penanganan ketidakpastian permintaan	Stok pengaman	<i>Over-planning</i> dari komponen dan <i>subassemblies</i>	Hanya sedikit ketidakpastian yang ada
9	<i>Final assembly schedule</i>	Terkait erat dengan <i>MPS</i>	Digunakan untuk kebanyakan operasi <i>assembly</i>	Ditentukan oleh pesanan pelanggan
10	<i>Bill of material (BOM)</i> atau struktur produk (<i>product structure</i>)	BOM standar untuk setiap produk	<i>Planning BOM</i>	<i>BOM</i> unik untuk setiap pesanan

(Sumber: Gaspersz, 2001, h.147)

Dari Tabel 2.1 kita melihat bahwa karakteristik dari lingkungan produksi berbeda untuk *make-to-stock*, *assemble-to-order* dan *make-to-order*, sehingga dalam mendesain jadwal produksi induk (JPI) perlu diperhatikan bahwa JPI itu didesain untuk lingkungan seperti apa.



Gambar 2. 12 Produk Lingkungan Pasar
(Sumber: Sipper and Bulfin, 1997, h.322)

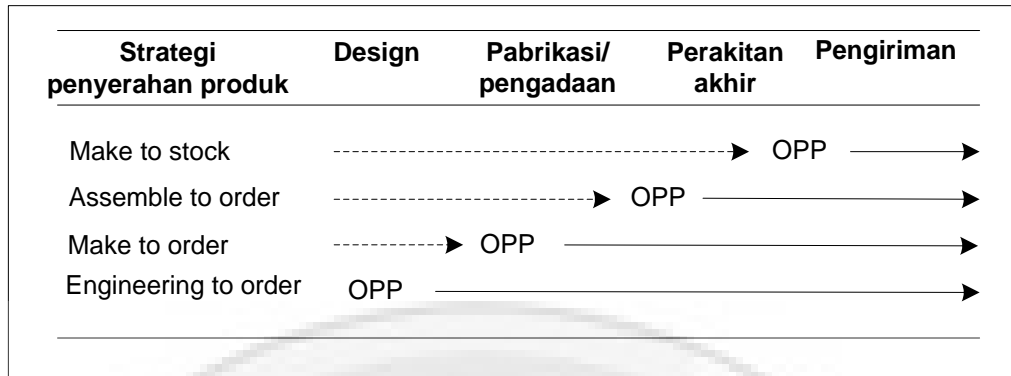
Dalam mengembangkan suatu JPI, sifat produk dan pasar harus dipertimbangkan. Tiga jenis lingkungan pasar produk yang dihubungkan dengan JPI adalah *Make-to-Stock* (MTS), *Make-to-Order* (MTO), dan *Assemble-to-Order* (ATO). Lingkungan MTS adalah tipikal dari perusahaan yang menghasilkan secara relatif sedikit tetapi item standar secara relatif akurat menuntut ramalan. Secara tipikal, perusahaan MTS menghasilkan sejumlah kecil item-akhir dari sejumlah besar item bahan baku (mencakup *item* yang dibeli).

2.7 Klasifikasi Strategi *Make-to-Stock* dan *Make-to-Order*

Pada subbab ini akan dijelaskan teori klasifikasi strategi MTS-MTO dengan konsep *decoupling point*. Bagian pertama akan menjelaskan terkait dengan konsep dasar *decoupling point*, kemudian penjelasan terkait cara menentukan strategi penyerahan produk (MTS-MTO) menggunakan konsep *relative demand volatility* (RDV).

2.7.1 Konsep *Decoupling point*

Konsep *decoupling point* merupakan istilah pemisahan bagian orientasi organisasi kedalam aktivitas-aktivitas untuk memenuhi pesanan pelanggan berdasarkan peramalan dan perencanaan, atau titik yang menunjukkan seberapa dalam pesanan pelanggan masuk dalam aliran barang (Hoekstra dan Romme, 1992 dalam van Donk, 2000).



Gambar 2. 13 Titik *Decoupling Point* pada Tahapan Manufaktur

(Sumber: Olhager, 2003)

Pada Gambar 2.13 OPP membagi tahapan manufaktur bagian *forecast-driven* dari *customer order driven* (Olhager, 2003). Pada bagian garis putus-putus menyatakan aktivitas produksi berdasarkan arahan peramalan (*forecast driven*), sedangkan garis lurus menyatakan aktivitas berdasarkan pesanan pelanggan (*order driven*).

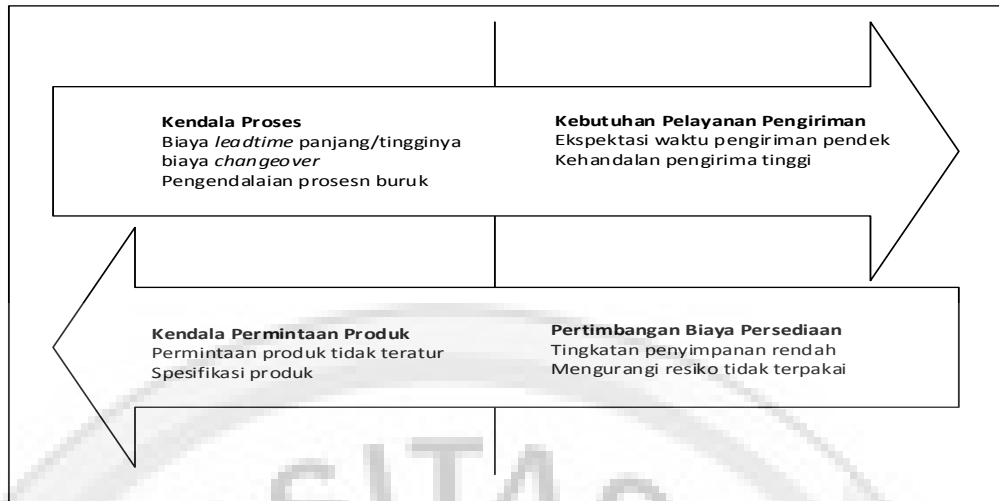
Alasan penting terkait dengan penerapan konsep *decoupling point* ini yaitu:

1. Konsep ini memisahkan aktivitas *order-driven* dari aktivitas *forecast-driven*. Kepentingan hal ini tidak hanya terkait memisahkan jenis aktivitas proses yang berbeda, tetapi juga terkait dengan informasi aliran barang dimana dilakukan perencanaan dan pengendalian.
2. Konsep ini menggambarkan titik penyimpanan utama dimana pengiriman kepada pelanggan dibuat dan keseluruhan penyimpanan harus sufisien untuk memenuhi permintaan pada periode tertentu.
3. Aktivitas hulu dapat dioptimasi dalam beberapa cara berdasarkan peramalan dan lebih atau kurangnya independen dari permintaan pasar yang tidak menentu.

Tabel 2. 2 Arahan Penentuan *Decoupling Point*

Karakteristik Produk dan Permintaan	Karakteristik Proses dan Penyimpanan
Pengiriman memperhatikan kehandalan	Waktu tenggang dan biaya tahapan dalam proses utama
Pengiriman memperhatikan waktu	Pengendalian dan pengadaan
Prediksi permintaan	Biaya penyimpanan dan nilai tambah antara titik penyimpanan
Spesifikasi permintaan	Resiko tidak terpakai

(Sumber: Hoekstra dan Romme, 1992 dalam van Donk, 2000)



Gambar 2. 14 Karakteristik Bisnis Berdasarkan Lingkungan dan Pengaruh dalam DP
 (Sumber: Hoekstra dan Romme, 1992 dalam van Donk, 2000)

Berdasarkan (Hoekstra dan Romme, 1992 dalam van Donk, 2000) terdapat tiga kemungkinan dari posisi *decoupling point* sesuai dengan struktur logistik yaitu *make* dan *ship to stock* (lokal), *make-to-stock* (sentral), *assemble-to-order*, *make-to-order*, *purchase* dan *make-to-order*. Pernyataan determinasi posisi dari *decoupling point*, secara umum digambarkan dalam dua set dari karakteristik produk dan permintaan serta karakteristik proses dan penyimpanan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2.

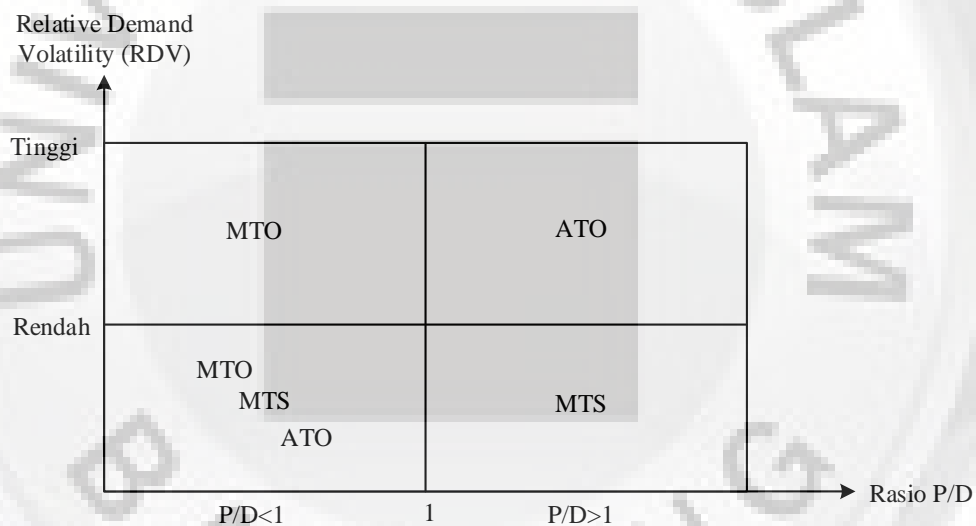
Beberapa faktor yang mempengaruhi penentuan titik *decoupling point*, yaitu (Olhager, 2003):

- a. Faktor terkait karakteristik pasar, diantaranya:
 - Kebutuhan *leadtime* penyerahan
 - Volatilitas permintaan produk
 - Volume produk
 - Kostumisasi dan *range* produk
 - Frekuensi dan ukuran pesanan pelanggan
- b. Faktor terkait karakteristik produk, diantaranya:
 - Rancangan modular produk
 - Peluang kostumisasi
 - Struktur produk
- c. Faktor terkait karakteristik produksi, diantaranya:
 - *Leadtime* produksi

- Titik perencanaan
- Fleksibilitas
- Posisi *bottleneck*
- *Sequence-dependent setup times*

2.7.2 Cara penentuan Strategi Penyerahan Produk

Dua faktor utama yang mempengaruhi strategi menentukan posisi *decoupling point* yaitu rasio *leadtime* produksi dengan penyerahan (*P/D ratio*) dan volatilitas permintaan relative atau *relative demand volatility* (RDV). Apabila kedua faktor ini digambarkan dalam sebuah diagram *scatter*, maka akan memberikan gambaran empat situasi yang mengarahkan pada pemilihan strategi penyerahan produk (Olhager, 2003).



Gambar 2. 15 Diagram P/D Ratio dan RDV (Penentuan Strategi MTS-MTO)
(Sumber: Olhager, 2003)

Gambar 2.15 menunjukkan diagram *P/D ratio* dengan RDV untuk menentukan strategi MTS-MTO. Berdasarkan Olhager (2003) untuk menggambarkan diagram tersebut ada beberapa hal yang harus diperhatikan

❖ Analisa *P/D Ratio*

Pada gambaran diagram titik potong dari *P/D* rasio terjadi pada nilai satu. Nilai ini terkait dengan kondisi dimana produksi dapat menunggu pesanan pelanggan sebelum aktivitas produksi dimulai atau tidak. Jika tidak, beberapa aktivitas harus dimulai berdasarkan peramalan. Jika *P/D* kurang dari satu maka, strategi pengiriman produk yang mungkin adalah MTO.

❖ Analisa RDV

Kondisi ini selanjutnya dianalisa dengan RDV, bagian RDV rendah mengindikasikan dapat diterapkan strategi penyerahan produk MTS, yang berpotensi mengarah kepada situasi *assemble to order* (ATO). Kondisi RDV rendah menyatakan strategi yang cocok diterapkan adalah MTS. Dengan demikian meskipun rasio P/D menyatakan MTO, perusahaan akan memilih strategi MTS, untuk tujuan meningkatkan produktifitas. Jika disisi lain situasi RDV yang tinggi, kebijakan MTO adalah pilihan umum. Apabila rasio P/D lebih besar dari satu, beberapa internal *supplychain* harus diarahkan dari peramalan. Dengan demikian, kebijakan MTO mungkin diterapkan, memaksa kebijakan pengiriman produk salah satu dari ATO atau MTS sebagai gantinya. Kondisi RDV tinggi tidak ada alasan untuk menggunakan kebijakan MTS, yang mana hal ini mendorong persediaan berlebihan.

Dengan demikian cara manufaktur untuk merespon kondisi dari pasar dan permintaan berdasarkan strategi penyerahan produk tersebut, sebagai berikut (Olhager, 2012).

- 1) Jika pasar memerlukan *leadtime* pengiriman yang pendek, tekanan terjadi pada manufaktur untuk mengurangi *leadtime* untuk memenuhi strategi pemilihan pengiriman produk yang lebih banyak. Jika *leadtime* manufaktur panjang, MTO tidak akan pernah menjadi pilihan. Sebuah perusahaan yang secara aktif memperpendek *leadtime* mungkin akan membuat peluang dimana kecepatan pengiriman dapat dibuat untuk pesanan yang menang, paling kecil beberapa pasar pada beberapa produk (Hayes dan Wheelwright, 1984 pada Olhager, 2012).
- 2) Jika permintaan terlalu tinggi untuk menggunakan kebijakan MTS, persediaan harus ditentukan pada beberapa titik *value chain* manufaktur internal. Titik dimana koefisien variasi dari RDV cukup kecil. Secara khas RDV bertepatan dengan volume permintaan yang tinggi (volume produk lebih tinggi, fluktuasi permintaan relative lebih rendah). Pernyataan ini secara jelas digambarkan didalam penelitian D'allessandro and Baveja (2000) didalam Olhager (2012). Selanjutnya Olhager (2012) menghubungkan fakta ini kedalam struktur produk, menunjukkan bahwa

volume permintaan tidak terjadi penurunan melalui struktur produk. Hal ini menunjukkan bahwa peluang kebijakan MTS meningkat selama operasi hulu.

2.8 Industri Farmasi

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kesehatan No. 245/MenKes/SK/V/1990 tentang Ketentuan dan Tata Cara Pelaksanaan Pemberian Izin Usaha Industri Farmasi, Industri Farmasi adalah Industri Obat Jadi dan Industri Bahan Baku Obat. Definisi dari obat jadi yaitu sediaan atau paduan bahan-bahan yang siap digunakan untuk mempengaruhi atau menyelediki sistem fisiologi atau keadaan patologi dalam rangka penetapan diagnosa, pencegahan, penyembuhan, pemulihan, peningkatan kesehatan dan kontrasepsi. Sedangkan yang dimaksud dengan bahan baku obat adalah bahan baik yang berkhasiat maupun yang tidak berkhasiat yang digunakan dalam pengolahan obat dengan standar mutu sebagai bahan farmasi. Obat adalah suatu bahan atau campuran bahan yang dimaksudkan untuk digunakan dalam menentukan diagnosis, mencegah, mengurangi, menghilangkan, menyembuhkan penyakit atau gejala penyakit, luka atau kelainan badaniah dan rohaniah pada manusia atau hewan (Syamsuni, 2007).

Beberapa istilah terkait dengan obat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Obat jadi, merupakan obat dalam keadaan murni atau campuran dalam bentuk serbuk, tablet, pil, kapsul, supositoria, cairan, salep atau bentuk lainnya yang mempunyai teknis sesuai dengan F1 atau buku resmi lain yang ditetapkan pemerintah.
- b. Obat paten, yaitu obat jadi dengan nama dagang yang terdaftar atas nama si pembuat yang dikuasakannya dan dijual dalam bungkus asli dari pabrik yang memproduksi.
- c. Obat baru, yaitu obat yang terdiri atas atau berisi zat yang berkhasiat ataupun tidak berkhasiat. Misalnya lapisan pengisi, pengisi, larutan, pembantu atau komponen lain, yang belum dikenal sehingga tidak diketahui khasiat dan kegunaannya.

- d. Obat asli, yaitu obat yang didapat langsung dari bahan-bahan alami Indonesia, terolah secara sederhana atas dasar pengalaman dan digunakan dalam pengobatan tradisional.
- e. Obat esensial, yaitu obat yang paling dibutuhkan untuk pelayanan kesehatan masyarakat terbanyak dan tercantum dalam daftar obat esensial (DOEN) yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan RI.
- f. Obat generik, yaitu obat dengan nama resmi yang ditetapkan dalam nama FI untuk zat berkhasiat yang dikandungnya.

Macam-macam penggolongan obat menurut bentuk sediaan obat, terbagi menjadi:

- a. Bentuk padat, terdiri dari obat serbuk, tablet, pil, kapsul dan supositoria.
- b. Bentuk setengah padat, terdiri dari salep, krim, pasta, cerata, gel, dan *occulenta* (salep mata).
- c. Bentuk cair atau larutan, terdiri dari potio, sirup, eliksir, obat tetes, gargarisma, *clysmata*, *ephitema*, injeksi, infus intravena, *douche*, *lotion* dan *mixturae*.

Kapsul merupakan bentuk sediaan padat yang terbungkus dalam suatu cangkang keras atau lunak yang dapat larut. Cangkang umumnya terbuat dari *gelatin*, tetapi dapat juga dibuat dari pati atau bahan lain yang sesuai dan sediaan tablet berbentuk kapsul ini disebut *kapsitah* atau *kaplet* (Syamsuni, 2007).

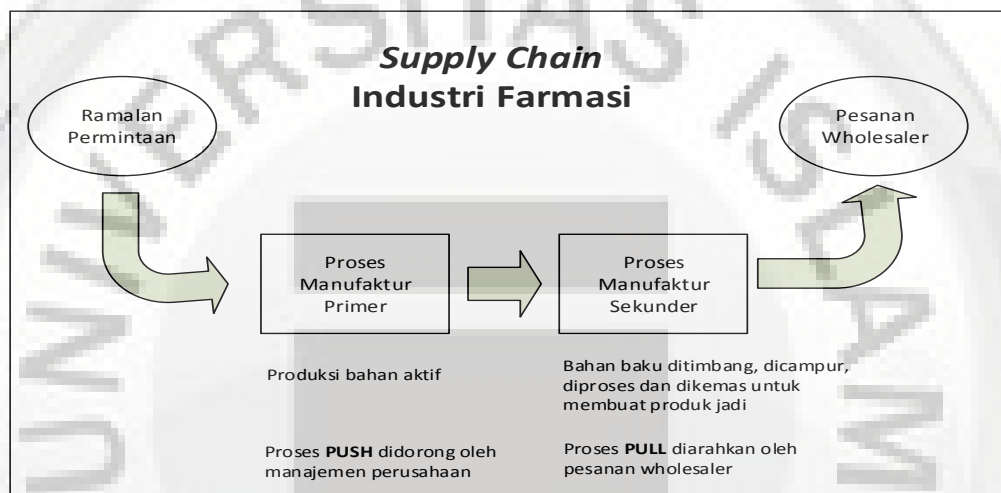
Jenis kapsul terdiri dari:

- a. Kapsul cangkang keras, karakteristik kapsul ini terdiri atas bagian wadah dan tutup yang terbuat dari *multiselulosa*, *gelatin*, pati atau bahan lain yang sesuai. Ukuran cangkang terdiri dari nomor paling kecil 5 sampai nomor paling besar 000.
- b. Kapsul cangkang lunak, karakteristik terdiri dari kesatuan berbentuk bulat atau silindris yang dibuat dari *gelatin* (gel lunak) dan dapat diplastisasi dengan penambahan senyawa poliol (*sorbitol* atau *gliserin*). Jenis kapsul ini biasanya mengandung air dan umumnya diisi dengan bahan cairan bukan air dan bahan padat, serbuk atau zat kering.

Ada beberapa aturan yang harus diterapkan dalam menangani penyimpanan obat kapsul menghindari kerusakan produk, diantaranya:

- Penyimpanan produk jadi harus disimpan di ruangan tidak terlalu lembap, dingin atau kering.
- Tempat penyimpanan harus terbuat dari botol gelas, botol plastik atau aluminium foil dalam blister atau strip, tertutup rapat dan diberi bahan pengering (*silica gel*).

Sistem farmasi melaksanakan aktivitas konversi bahan baku dari bahan-bahan kimia menjadi produk akhir obat jadi. Gambaran rantai pasok secara umum di dalam sistem manufaktur farmasi ditunjukkan oleh Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Supply Chain Industri Farmasi
(Sumber: Venditti, 2010)

Rantai pasok di dalam industri farmasi umumnya digambarkan dalam dua rantai yaitu proses primer dan sekunder. Proses primer merupakan tahapan proses untuk memproduksi bahan aktif dan bahan dasar obat melalui proses kompleks kimia dan biokimia. Tahapan ini bersifat *push process* tergantung kebutuhan dari manajemen perusahaan. Sedangkan proses sekunder merupakan tahapan proses dengan karakter *pull process* dimana didorong oleh kebutuhan pesanan gudang atau distributor. Bahan aktif dan bahan pendukung obat dilakukan proses penimbangan, pencampuran, pemrosesan dan pengemasan untuk menghasilkan produk jadi.

Beberapa bagian sistem manufaktur dari proses pembuatan obat ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. *Single-product processing*, proses produksi untuk satu jenis produk pada waktu tertentu untuk menghindari terjadinya kontaminasi antara jenis produk yang berbeda.
2. *Cleaning operation*, ketika terjadi penggantian proses untuk produk berbeda, untuk menghindari terjadinya kontaminasi pembersihan minor diperlukan untuk situasi famili produk yang sama dan pembersihan major diperlukan apabila situasi dengan penggunaan bahan baku tidak sama.
3. *Resource constraints*, keterbatasan sejumlah sumberdaya untuk dipekerjakan pada aktivitas dan waktu tertentu.
4. *Sequencing constraints*, terdapat pengelompokan pesanan parsial diantara operasi untuk sekelompok pekerjaan.

Aktivitas produksi dilaksanakan dengan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan dan memenuhi ketentuan cara pembuatan obat yang baik (CPOB) yang senantiasa dapat menjamin produk obat jadi dan memenuhi ketentuan izin pembuatan serta izin edar (registrasi) sesuai dengan spesifikasinya (BPOM, 2006).

Selain itu, produksi baiknya dilakukan dan diawasi oleh personil yang kompeten. Mutu suatu obat tidak hanya ditentukan oleh hasil analisa terhadap produk akhir, melainkan juga oleh mutu yang dibangun selama tahapan proses produksi sejak pemilihan bahan awal, penimbangan, proses produksi, personalia, bangunan, peralatan, kebersihan dan hygiene sampai dengan pengemasan.

Prinsip utama produksi adalah:

- Adanya keseragaman atau homogenitas dari bets ke bets.
- Proses produksi dan pengemasan senantiasa menghasilkan produk yang seidentik mungkin (dalam batas syarat mutu) baik bagi bets yang sudah diproduksi maupun yang akan diproduksi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam produksi obat antara lain:

- a. Pengadaan Bahan Awal

Pengadaan bahan awal hendaklah hanya dari pemasok yang telah disetujui dan memenuhi spesifikasi yang relevan. Semua penerimaan, pengeluaran dan jumlah bahan tersisa hendaklah dicatat. Catatan hendaklah berisi keterangan mengenai pasokan, nomor bets atau lot, tanggal penerimaan, tanggal pelulusan, dan tanggal daluarsa (BPOM, 2006).

b. Pencegahan Pencemaran Silang

Tiap tahap proses, produk dan bahan hendaklah dilindungi terhadap pencemaran mikroba dan pencemaran lain. Resiko pencemaran silang ini dapat timbul akibat tidak terkendalinya debu, uap, percikan atau organisme dari bahan atau produk yang sedang diproses, dari sisa yang tertinggal pada alat dan pakaian kerja operator. Tingkat resiko pencemaran ini tergantung dari jenis pencemar dan produk yang tercemar.

Pencemaran silang hendaklah dihindari dengan tindakan teknis atau pengaturan yang tepat, antara lain:

- Produksi di dalam gedung yang terpisah (diperlukan untuk produk seperti penisilin, hormon seks, sitostatik, dan produk biologi).
- Tersedia ruang penyangga udara dan penghisap udara.
- Memakai pakaian pelindung yang sesuai di area dimana produk yang beresiko tinggi terhadap pencemaran silang diproses.
- Melaksanakan prosedur pembersihan dan dekontaminasi yang terbukti efektif (BPOM, 2006).

c. Penimbangan dan Penyerahan

Penimbangan dan penyerahan bahan awal, bahan pengemas, produk antara dan produk ruahan dianggap sebagai bagian dari siklus produksi dan memerlukan dokumentasi yang lengkap. Hanya bahan awal, bahan pengemas, produk antara dan produk ruahan yang telah diluluskan oleh pengawasan mutu dan masih belum daluarsa yang boleh diserahkan (BPOM, 2006).

d. Pengembalian

Semua bahan awal dan bahan pengemas yang dikembalikan ke gudang penyimpanan hendaklah didokumentasikan dengan benar (BPOM, 2006).

e. Pengolahan

Semua bahan yang dipakai di dalam pengolahan hendaklah diperiksa sebelum dipakai. Semua peralatan yang dipakai dalam pengolahan hendaklah diperiksa sebelum digunakan. Peralatan hendaklah dinyatakan bersih secara tertulis sebelum digunakan. Semua kegiatan pengolahan hendaklah dilaksanakan mengikusi prosedur yang tertulis. Tiap

penyimpangan hendaklah dilaporkan. Semua produk antara hendaklah diberi label yang benar dan dikarantina sampai diluluskan oleh bagian pengawasan mutu (BPOM, 2006).

f. Kegiatan Pengemasan

Kegiatan pengemasan berfungsi mengemas produk ruahan menjadi produk jadi. Pengemasan hendaklah dilaksanakan di bawah pengendalian yang ketat untuk menjaga identitas, keutuhan dan mutu produk akhir yang dikemas. Semua kegiatan pengemasan hendaklah dilaksanakan sesuai dengan instruksi yang diberikan dan menggunakan bahan pengemas yang tercantum dalam prosedur pengemasan induk. Rincian pelaksanaan pengemasan hendaklah dicatat dalam catatan pengemasan bets.

g. Pengawasan Selama Proses

Pengawasan selama proses hendaklah mencakup:

- 1) Semua parameter produk, volume atau jumlah isi produk diperiksa pada saat awal dan selama proses pengolahan atau pengemasan.
- 2) Kemasan akhir diperiksa selama proses pengemasan dengan selang waktu yang teratur untuk memastikan kesesuaiannya dengan spesifikasi dan memastikan semua komponen sesuai dengan yang ditetapkan dalam prosedur pengemasan induk.

h. Karantina Produk Jadi

Karantina produk jadi merupakan tahap akhir pengendalian sebelum penyerahan ke gudang dan siap untuk didistribusikan. Sebelum diluluskan untuk diserahkan ke gudang, pengawasan yang ketat hendaklah dilaksanakan untuk memastikan produk dan catatan pengolahan bets memenuhi semua spesifikasi yang ditentukan.