

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep dan Pengertian *Inventory*

Inventory adalah *stock* barang yang harus dimiliki oleh perusahaan baik berupa bahan baku, barang yang sudah diproses, dan barang jadi. Ballou (2004). Menurut Tersine (1994) untuk mengetahui tujuan adanya *inventory* dapat dilakukan dengan mengklarifikasikan *inventory* tersebut :

Berdasarkan tipe atau bentuknya dibagi menjadi 4 yaitu:

- a) supplier, merupakan *inventory* yang dipakai untuk fungsi organisasi perusahaan bukan termasuk bagian produk jadi. Contoh: ballpen, pensil, kertas yang dipakai pegawai
- b) bahan baku (*raw materials*), merupakan bahan dasar pembuatan produk
- c) barang setengah jadi (*work in process*), merupakan barang yang telah diolah dan menunggu untuk diproses dalam manufaktur
- d) barang jadi (*finish good*), merupakan hasil dari *output* dalam proses manufaktur. Hasil proses manufaktur merupakan produk yang siap untuk dijual dan *didistribusikan*

Berdasarkan fungsinya persediaan dibagi menjadi

- a) Safety Stock, merupakan *inventory* yang berfungsi sebagai pengaman atau perlindungan terhadap ketidak pastiaan permintaan ataupun supply. Ketidakpastian permintaan terlihat terhadap periodenya. Sedangkan ketidakpastian *supply* terjadi karena *Lead time* yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. *Safety stock* bertujuan untuk mengurangi kegagalan untuk memenuhi permintaan konsumen.
- b) Cycle stock, merupakan siklus pemesanan kembali terhadap pengisian *stock*
- c) *Anticipation stock* merupakan *inventory* dibutuhkan untuk mengantisipasi kenaikan permintaan konsumen akibat sifat musiman terhadap suatu produk

d) *Pipeline/ transit inventory* merupakan *inventory* yang terjadi akibat adanya *Lead time* pengiriman dari suatu tempat ke tempat lain. *Pipeline* dapat dibagi menjadi *eksternal* dan *internal*. Contoh *Pipeline eksternal* yaitu *inventory* dalam pengiriman truk, kapal, dan pesawat. Sedangkan *Pipeline Internal* yaitu *inventory* yang sedang diproses menuju proses lainnya, misalnya proses pengepakan barang menuju proses persetujuan pengiriman barang *inventory*.

e) *Decoupling stock*, merupakan *inventory* yang muncul karena adanya operasi yang berurutan secara *dependent*. Adanya *inventory* ini berfungsi sebagai pengamanan di antara operasi kerja yang berurutan sehingga dapat mencegah *idle time* dalam pabrik.

f) *Physic stock*, merupakan *inventory* yang muncul karena adanya *feeling* atau perasaan khawatir terjadi *stockout* sehingga memutuskan untuk membeli persediaan sebanyak-banyaknya.

2.2 Production Planning dan Inventory Control

Menurut Handoko (1999), *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) dalam organisasi manufaktur dan jasa memberikan suatu kesempatan karir yang menarik dan menantang bagi orang-orang yang mempelajari bisnis dan teknik. *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) adalah inti sistem saraf penawaran organisasi manufaktur dan jasa. Tenaga ahli *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) berpartisipasi dalam peramalan permintaan, perencanaan, kapasitas keseluruhan organisasi, penentuan berapa banyak bahan dan komponen-komponen yang harus ada dan kapan untuk mendapatkannya. Mereka bertanggung jawab atas kapan dibuat dan pada mesin – mesin mana sehingga master production schedules atau jadwal perakitan akhir dapat dipenuhi untuk memuaskan permintaan organisasi.

2.2.1 Fungsi PPIC

Fungsi PPIC Menurut Kusuma (2004), pada dasarnya fungsi dasar yang harus dipenuhi oleh aktivitas PPIC adalah:

1. Meramalkan permintaan produk yang dinyatakan dalam jumlah produk sebagai fungsi dari waktu.
2. Menetapkan jumlah dan saat pemesanan bahan baku serta komponen secara ekonomis dan terpadu.
3. Menetapkan keseimbangan antara tingkat kebutuhan produksi, teknik pemenuhan pesanan, serta memonitor tingkat persediaan produk jadi setiap saat, membandingkannya dengan rencana persediaan, dan melakukan revisi atas rencana produksi pada saat yang ditentukan.
4. Membuat jadwal produksi, penugasan, dan pembebanan mesin dan tenaga kerja yang terperinci sesuai dengan ketersediaan kapasitas dan fluktuasi permintaan pada suatu periode.

2.2.2 Sistem PPIC Terpadu

Menurut Handoko (2000), sistem PPIC mulai dengan membuat rencana - rencana, mengimplementasikan rencana-rencana, mengawasi kegiatan - kegiatan atas dasar rencana-rencana dan kemudian memberikan informasi umpan balik kepada orang-orang PPIC sehingga rencana rencana baru atau yang telah direvisi dapat di implementasikan dan diawasi, dan seterusnya, sesuai periode waktu yang disyaratkan. Sistem - sistem PPIC membantu pengelolaan kapasitas, tingkat persediaan dan tenaga kerja, pembebanan mesin, dan perpindahan pesanan-pesanan melalui fasilitas produksi. Disamping itu, sistem memonitor pesanan-pesanan yang disampaikan kepada pihak luar untuk komponen-komponen dan bahan - bahan yang dibeli.

2.3 Aggregate Planning

2.3.1 Definisi Aggregate Planning

Perencanaan agregat dapat dijadikan solusi perencanaan produksi jangka menengah dalam memenuhi permintaan yang diramalkan di periode tertentu dengan menyesuaikan kapasitas produksi, tingkat tenaga kerja, tingkat persediaan, waktu lembur (*overtime*), *subcontract*, dan variabel lainnya yang bertujuan untuk membuat suatu rencana produksi yang optimal dan dapat meminimasi biaya dalam periode perencanaan tersebut. Sejalan dengan itu, Roger G. Schroeder (2007:254) mendefinisikan, “*Aggregate planning is concerned with matching supply and demand of output over the medium time range, up to approximately 12 month into the future*”. Artinya yaitu: “Perencanaan Agregat adalah penyesuaian antara penawaran dan permintaan dalam jangka waktu menengah untuk 12 bulan yang akan datang.

Sedangkan menurut Teguh Baroto (2002:98), *aggregate planning* merupakan perencanaan produksi jangka menengah. Dimana horizon perencanaannya berkisar 1 bulan sampai 24 bulan atau 1 tahun hingga 3 tahun. Horizon tersebut tergantung pada karakteristik produk dan jangka waktu produksi dan disesuaikan dengan periode peramalan. Sehingga dari beberapa pendapat para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa perencanaan agregat merupakan perencanaan produksi jangka menengah yang dibuat dengan menyesuaikan hasil peramalan permintaan di periode tertentu.

2.3.2 Tujuan Perencanaan Agregat

Perencanaan agregat tentu mempunyai tujuan, dan Roger G. Schroeder (2009:254) menyebutkan bahwa: “*The aim of aggregate planning is set overall output levels in the near to medium future in the face of fluctuating or uncertain demand.*” Yang dapat diartikan sebagai berikut: “Tujuan perencanaan agregat adalah untuk mengatur keseluruhan tingkat *output* dalam jangka

waktu menengah dimasa yang akan datang dari adanya permintaan fluktuatif atau permintaan yang tidak stabil.”

Pendapat lain dari Maciej Nowak (2006) yang menyatakan bahwa: “*Minimizing production cost over the planning periode is usually assumed to be the objective of aggregate planning.*” Yang artinya: “meminimalkan biaya produksi selama periode perencanaan biasanya diasumsikan sebagai tujuan perencanaan agregat.” Sedangkan Sartin (2012:145) menyatakan bahwa tujuan dari perencanaan agregat produksi adalah menentukan kapasitas produksi untuk memenuhi estimasi permintaan pasar pada periode yang akan datang dengan keputusan serta kebijakan mengenai kerja lembur, *backorder*, subkontrak, tingkat persediaan, mempekerjakan atau memberhentikan sementara pegawai. Berbeda dengan Teguh Baroto (2002:98) menjelaskan bahwa tujuan perencanaan produksi agregat adalah menyusun suatu rencana produksi untuk memenuhi permintaan pada waktu yang tepat dengan menggunakan sumber-sumber atau alternatif-alternatif yang tersedia dengan biaya yang paling minimum keseluruhan produk Jadi, kontribusi dari perencanaan agregat untuk dapat mencapai tujuannya dalam mengatur tingkat *output* di masa yang akan datang dari adanya permintaan yang tidak stabil adalah dengan menyesuaikan kapasitas produksi serta kebijakan mengenai kerja lembur, *backorder*, subkontrak, tingkat persediaan, mempekerjakan atau memberhentikan sementara pegawai agar dapat memenuhi permintaan pada waktu yang tepat dengan menggunakan sumber atau alternatif yang tersedia dengan biaya yang paling minimum untuk keseluruhan produk.

2.3.3 Strategi dalam Perencanaan Agregat

Roberta S. Russel dan Bernard W. Taylor III (2011:612) membagi 3 (tiga) macam strategi perencanaan agregat, yaitu:

1. *Chase Strategy*

Strategi perencanaan produksi yang dibuat perusahaan dengan menyesuaikan pola dari permintaan. Kapasitas produksi dapat divariasikan pada strategi ini dengan menggunakan jam kerja lembur (*overtime*), jam kerja reguler (*regular time*), dan subkontrak. Kemungkinan lain dari strategi ini adalah dengan memvariasikan jumlah tenaga kerja dengan cara merekrut karyawan baru pada saat produksi meningkat dan memecat karyawan pada saat produksi menurun. Sehingga biaya yang timbul pada *chase strategy* ini adalah biaya *regular time*, *overtime*, *subcontract*, *hiring costs*, dan *firing costs*.

2. *Level Strategy*

Strategi perencanaan produksi dengan tingkat produksi yang konstan dari satu periode ke periode lainnya yang bertujuan untuk memenuhi rata-rata permintaan. Kemungkinan ke dua, *level strategy* ini menggunakan *inventory* dari adanya variasi dalam permintaan. Dimana pada saat permintaan menurun, kelebihan produksi disimpan sebagai persediaan untuk digunakan pada saat permintaan meningkat. Sehingga pada *level strategy* ini akan timbul biaya simpan yang cukup besar untuk jumlah unit yang disimpan.

3. *Mixed Strategy*

Mixed strategy merupakan kombinasi dari *chase strategy* dan *level strategy*. Apabila terjadinya variasi dalam permintaan tersebut akan diatasi dengan jam kerja lembur dan persediaan yang dimiliki.

2.4 Master Production Schedule (MPS)

2.4.1 Definisi Master Production Schedule

Menurut Vincent Gaspersz (2001:141) ada 2 (dua) istilah tentang MPS yang digunakan secara bersamaan yaitu penjadwalan produksi induk (*Master Production Scheduling = MPS*) dan jadwal produksi induk (*Master Production Scheduled = MPS*). Pada dasarnya istilah MPS yang digunakan untuk jadwal produksi induk (*master production schedule*) merupakan hasil dari aktivitas penjadwalan produksi induk. Jadwal produksi induk merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir (termasuk *part* pengganti dan suku cadang) dari suatu perusahaan industri manufaktur yang merencanakan memproduksi *output* berkaitan dengan kuantitas dan periode waktu.

2.4.2 Input Utama MPS

Sebagai suatu aktivitas proses, penjadwalan produksi induk (MPS) membutuhkan lima *input* dalam penjadwalan induk produksi:

1. Data Permintaan Total merupakan salah satu sumber data bagi proses penjadwalan produksi induk. Data permintaan total berkaitan dengan ramalan penjualan (*sales forecast*) dan pesanan-pesanan (*order*).
2. Status Inventori berkaitan dengan informasi tentang *on-hand inventory*, stok yang dialokasikan untuk penggunaan tertentu (*allocated stock*), pesanan-pesanan produksi dan pembelian yang dikeluarkan (*released production and purchase orders*), *firm planned orders*. MPS harus mengetahui secara akurat berapa banyak inventori yang tersedia dan menentukan berapa banyak yang harus dipesan.
3. Rencana Produksi memberikan sekumpulan batasan kepada MPS. MPS harus menjumlahkannya untuk meningkatkan tingkat produksi, inventori, dan sumber-sumber daya lain dalam rencana produksi itu.
4. Data Perencanaan berkaitan dengan aturan-aturan tentang *lot-sizing* yang harus digunakan, stok pengaman (*safety stock*), dan waktu tunggu (*lead*

time) dari masing-masing item yang biasanya tersedia dalam *file* induk dari item (*item master file*).

5. Informasi dari RCCP berupa kebutuhan kapasitas untuk mengimplementasikan MPS menjadi salah satu *input* bagi MPS.

2.4.3 Informasi-Informasi dalam MPS

Vincent Gaspersz (2001: 159) menjelaskan secara singkat berkaitan dengan informasi yang ada dalam MPS seperti tampak dalam bentuk dan format pada Gambar 2.1:

MASTER PRODUCTION SCHEDULE (MPS)						
	Lot Size:		Demand Time Fence:			
	Safety Stock:		Planning Time Fence:			
Lead Time:	Time Periods (Weeks)					
On Hand:	1	2	3	4	5	6
Sales Plan (Sales Forecast)						
Actual Orders						
Projected Available Balances (PAB)						
Available To Promise (ATP)						
Cumulative ATP						
MPS						

Gambar 2.1 Bentuk Umum dari *Master Production Schedule*

Informasi-informasi yang ada dalam MPS antara lain:

- *Lead Time* adalah waktu (banyaknya periode) yang dibutuhkan untuk memproduksi atau membeli suatu item.
- *On Hand* adalah posisi inventori awal yang 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 inventori yang dijadikan sebagai stok pengaman guna mengatasi fluktuasi dalam ramalan penjualan, pesanan-pesanan pelanggan dalam waktu singkat (*short-term customer orders*), penyerahan item untuk pengisian kembali inventori, dan lain-lain.
- *Demand Time Fences (DTF)* adalah periode mendatang dari MPS di mana dalam periode ini perubahan-perubahan terhadap MPS tidak diijinkan.
- *Planning Time Fences (PTF)* adalah periode mendatang dari MPS dimana dalam periode ini perubahan-perubahan terhadap MPS dievaluasi guna mencegah ketidaksesuaian atau kekacauan jadwal yang akan menimbulkan kerugian dalam biaya. *PTF* sering ditetapkan dalam waktu tunggu kumulatif.
- *Time Periods for Display* adalah banyaknya periode waktu yang ditampilkan dalam format MPS dan biasanya periode waktu yang ditampilkan dalam unit waktu mingguan.
- *Sales Forecast* adalah rencana penjualan atau peramalan penjualan untuk item yang dijadwalkan. Dalam konsep manajemen permintaan, *sales forecast* atau *sales plan* bersifat tidak pasti (*uncertain*).
- *Actual Order* merupakan pesanan-pesanan yang diterima dan bersifat pasti.
- *Project Available Balances (PAB)* merupakan proyeksi *on-hand inventory* dari waktu ke waktu selama horizon perencanaan MPS, yang menunjukkan status inventori yang diproyeksikan pada akhir dari setiap periode waktu dalam horizon perencanaan MPS. *PAB* dapat dipandang sebagai suatu perbandingan antara penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*). Apabila *PAB* bernilai negatif berarti pada periode itu penawaran tidak mampu memenuhi permintaan.

$$PAB \text{ (prior to DTF)} = \text{On-Hand Balance} + \text{MPS} - \text{Actual Orders}$$

PAB (*After DTF*) = *perior period PAB* + *MPS* – *Sales Forecast or Actual Orders*.

- *Available to Promise (ATP)* merupakan informasi yang sangat berguna bagi departemen pemasaran untuk mampu memberikan jawaban yang tepat mengenai waktu pengiriman barang kepada konsumen. Nilai *ATP* memberikan informasi tentang berapa banyak item tertentu yang dijadwalkan pada periode waktu itu tersedia untuk pesanan pelanggan, sehingga bagian pemasaran dapat membuat janji yang tepat kepada pelanggan.

$ATP = (On-Hand\ Balance + MPS - Safety\ Stock) - Sum\ of\ actual\ orders\ before\ next\ MPS$

- *Master Production Schedule (MPS)* merupakan jadwal produksi atau manufacturing yang diantisipasi untuk item tertentu.

2.5 Pengertian MRP

Material Requirement Planning (MRP) adalah suatu teknik yang digunakan untuk perencanaan dan pengendalian item barang (komponen) yang tergantung (*dependent*) pada item ditingkat (*level*) yang lebih tinggi. MRP pertama kali ditemukan oleh Joseph Orlicky dari J.I Case Company pada sekitar tahun 1960. Metode MRP bersifat *Computer Oriented Approach* yang terdiri dari sekumpulan prosedur, aturan-aturan keputusan dan seperangkat mekanisme pencatatan yang dirancang untuk menjabarkan suatu *Master Production Schedule (MPS)* MRP selalu berkembang sesuai dengan tuntutan perkembangan teknologi dan tuntutan terhadap sistem perusahaan. Sampai saat ini perkembangan MRP terjadi sampai dengan 4(empat) kali dan tidak tertutup untuk masa yang akan datang MRP akan berkembang terus.

Ke-empat perkembangan MRP tersebut adalah:

1. Material Requirement Planning (MRP) adalah suatu teknik atau set prosedur yang sistematis dalam penentuan kuantitas serta waktu dalam

proses pengendalian bahan terhadap komponen-komponen permintaan yang saling bergantung (*Dependent Demand Item*)

2. Material Requirement Planning II (MRP II) adalah perluasan dari MRP, lebih dari sekedar proses penentuan kebutuhan material. Fenomena ini melahirkan konsep baru yang disebut Perencanaan Sumberdaya Manufaktur (MRP II)
3. Material Requirement Planning III (MRP III) adalah perluasan MRP dalam tingkat akurasi peramalan, permintaan, penggunaan secara tepat dan baik peramalan permintaan (*Forecast Demand*), sehingga dapat merubah Master Production Schedule (MPS).
4. Material Requirement Planning 9000 (MRP 9000) adalah perluasan MRP yang sudah merupakan tawaran yang benar-benar lengkap dan terintegrasi dengan sistem *management manufacturing*, termasuk juga *inventory*, penjualan, perencanaan, pembuatan, dan pembelian menggunakan buku besar. MRP adalah lebih dari sekedar metode proyeksi kebutuhan-kebutuhan akan komponen individual dari suatu produk. Sistem MRP mempunyai tiga fungsi utama : kontrol tingkat persediaan, penugasan komponen berdasar prioritas, dan penentuan kebutuhan kapasitas (*capacity requirement*) pada tingkat yang lebih detail daripada proses perencanaan.

2.5.1 Input Sistem MRP

Menurut Arman Hakim Nasution (2003), ada tiga input yang dibutuhkan oleh sistem MRP, yaitu :

1. Jadwal Induk Produksi

Jadwal induk produksi (JIP) didasarkan pada peramalan atas permintaan dari setiap produk akhir yang akan dibuat. Hasil peramalan (perencanaan) jangka pajang) dipakai untuk membuat rencana produksi (perencanaan jangka pendek) yang berisi rencana mendetail mengenai “jumlah

produksi” yang dibutuhkan untuk setiap produk akhir beserta “periode waktunya” untuk suatu jangka perencanaan dengan memperhatikan kapasitas yang tersedia (pekerja, mesin dan bahan).

2. Catatan Keadaan Persediaan

Catatan keadaan persediaan menggambarkan status semua *item* yang ada dalam persediaan. Setiap *item* persediaan harus diidentifikasi secara jelas jumlahnya karena transaksi – transaksi yang terjadi, seperti penerimaan, pengeluaran, produk cacat, dan data – data tentang *lead time*, teknik ukuran *lot* yang dipakai, persediaan pengaman dan sebagainya. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan dalam perencanaan.

3. Struktur Produk

Struktur produk berisi informasi tentang hubungan antara komponen – komponen dalam suatu proses *assembling*. Informasi ini dibutuhkan dalam menentukan kebutuhan kotor dan kebutuhan bersih suatu komponen. Selain itu, struktur produk juga berisi informasi tentang “jumlah kebutuhan komponen” pada setiap tahap *assembling* dan “jumlah produk akhir” yang dibuat.

Ketiga *input* tersebut membentuk arsip – arsip yang saling berhubungan dengan bagian produksi dan pembelian sehingga dapat menghasilkan informasi terbaru tentang pemanasan, penerimaan, dan pengeluaran komponen dari gudang.

2.5.2 Output Sistem MRP

Menurut Arman Hakim Nasution (2003) *output* dari perhitungan MRP adalah penentuan jumlah masing – masing *Bill of Material* (BOM) dari *item* yang dibutuhkan bersamaan dengan tanggal dibutuhkannya. Informasi ini digunakan untuk merencanakan pelepasan (*order release*) untuk pembelian dan pembuatan sendiri komponen – komponen yang dibutuhkan. Dengan cara ini, MRP menjadi suatu alat untuk perencanaan operasi bagi

menejer produksi. Berdasarkan uraian diatas, *output* yang dapat diperoleh dari sistem MRP dapat kita rangkum sebagai berikut :

1. Memberikan catatan tentang jadual pemesanan yang harus dilakukan atau direncanakan, baik dari pabrik sendiri atau dari *supplier*.
2. Memberikan indikasi bila diperlukan penjadualan ulang.
3. Memberikan indikasi untuk pembatalan atas pesanan.
4. Memberikan indikasi tentang keadaan dari persediaan.

2.5.3 Perhitungan MRP

Dalam melakukan perhitungan MRP salah satunya kita mengenal perhitungan lot size, perhitungan lot size Merupakan kuantitas pesanan (order quantity) dari item. Ada banyak teknik yang dapat digunakan untuk menentukan ukuran Lot yang dapat digunakan, diantaranya adalah teknik EOQ.

Perhitungan untuk EOQ dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EOQ = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$

Dimana :

C = Biaya Pesan

R : Jumlah bahan baku yang dipesan

H : Biaya Penyimpanan

2.6 Teknik Optimasi

Optimasi adalah suatu pendekatan normatif untuk mengidentifikasi penyelesaian terbaik dalam pengambilan keputusan dari suatu permasalahan. Penyelesaian permasalahan dalam teknik optimasi diarahkan untuk mendapatkan titik maksimum atau titik minimum dari fungsi yang dioptimumkan. Tujuan dari optimasi adalah untuk meminimumkan usaha yang diperlukan atau biaya operasional dan

memaksimalkan hasil yang diinginkan. Jika usaha yang diperlukan atau hasil yang diharapkan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari peubah keputusan, maka optimasi dapat didefinisikan sebagai proses pencapaian kondisi maksimum dan minimum dari fungsi tersebut (Maarif, 1989).

Teknik optimasi dapat digunakan untuk fungsi yang berkendala dan fungsi tidak berkendala. Penyelesaian permasalahan dapat berbentuk persamaan maupun pertidaksamaan. Unsur penting dalam masalah optimasi adalah fungsi tujuan, yang sangat bergantung pada sejumlah peubah masukan. Peubah-peubah ini dapat tidak saling bergantung atau saling bergantung melalui satu atau lebih kendala (Bronson, 1982). Fungsi tujuan secara umum merupakan langkah minimisasi biaya atau penggunaan bahan baku, maksimisasi hasil atau pemanfaatan bahan-bahan produksi atau proses, dan sebagainya. Penentuan fungsi tujuan dikaitkan dengan permasalahan yang dihadapi (Maarif, 1989). Cleland dan Kacaoglu (1980), menjelaskan bahwa penyelesaian masalah optimasi dengan program matematika dapat dilakukan melalui program linier, program tak linier, program integer, dan program dinamik.

2.6.1 Linear Programming dan Integer Linear Programming

Linear programming atau program linier adalah suatu metode pemecahan masalah dalam suatu riset operasi yang digunakan untuk memecahkan suatu masalah penentuan alokasi yang sedemikian rupa dari sumber yang terbatas yang sama-sama dibutuhkan oleh beberapa macam kepentingan yang saling berhubungan untuk suatu tujuan, sehingga tujuan tersebut tercapai secara optimal (Taha, 1992). Pengertian optimal tidak lain adalah maksimasi atau minimasi fungsi tujuan sesuai dengan persyaratan yang dikehendaki fungsi kendala. Contoh persoalan maksimasi antara lain maksimasi keuntungan, hasil produksi, jam kerja dan lain sebagainya. Persoalan minimasi misalnya minimasi biaya, jarak, biaya penyimpanan, biaya distribusi, dan sebagainya. Program linier berkaitan dengan penjelasan suatu dunia nyata sebagai suatu

model matematik yang terdiri dari sebuah fungsi linier dan beberapa kendala linier (Mulyono,1991). Persoalan yang harus diselesaikan dengan program linier harus memenuhi lima persyaratan, yaitu:

1. Fungsi tujuan yang diselesaikan harus jelas dan tegas
2. Harus ada sesuatu yang akan diperbandingkan, misalnya kombinasi antara tenaga kerja dengan mesin otomatis
3. Sumber daya harus terbatas misalnya anggaran biaya yang akan dikeluarkan terbatas
4. Fungsi tujuan dan kendala harus bisa diekspresikan secara matematis
5. Peubah-peubah yang membutuhkan fungsi tujuan harus memiliki hubungan fungsional atau keterkaitan. Hubungan keterkaitan dapat diartikan saling mempengaruhi, interaksi, interdependensi, dan sebagainya.

Dalam model matematis program linier mempunyai dua macam fungsi, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala. Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan sasaran dari persoalan program linier yang berkaitan dengan pengaturan sumber daya secara optimal. Fungsi kendala adalah fungsi yang menggambarkan secara matematis kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan (Subagyo et.al., 1989).

Bentuk umum dari model matematik program linier adalah sebagai berikut :

$$\text{Maks/min. } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \dots\dots\dots (2.1)$$

Fungsi kendala :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j (\leq, \geq, =) b_i \dots\dots\dots (2.2)$$

$$X_j \geq 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

Notasi a_{ij} , b_i , C_j adalah konstanta

$i = 1, 2, 3, \dots\dots\dots, m$

$j = 1, 2, 3, \dots\dots\dots, n$

Dimana :

C_j = Parameter yang dijadikan kriteria optimasi atau merupakan kontribusi setiap satuan keluaran kegiatan j terhadap nilai Z .

X_j = Peubah/parameter keputusan.

a_{ij} = Banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran kegiatan j .

b_i = Banyaknya sumber i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan.

m = Jumlah kendala.

n = Jumlah kegiatan yang menggunakan sumberdaya yang terbatas tersebut

Ada beberapa asumsi dasar yang melandasi program linier. Asumsi tersebut adalah :

1. Linearitas, yaitu perbandingan antara input dengan input lainnya atau suatu input dengan output biasanya tepat dan tidak tergantung pada tingkat produksi.
2. Proporsionalitas, yaitu naik turunnya nilai fungsi tujuan (Z) dan penggunaan sumberdaya atau fasilitas yang tersedia akan berubah secara sebanding proporsional dengan perubahan tingkat kegiatan.
3. Additivitas, yaitu nilai tujuan tiap kegiatan tidak saling mempengaruhi, atau kenaikan dari nilai tujuan (Z) yang diakibatkan oleh kenaikan suatu kegiatan dapat ditambahkan tanpa mempengaruhi bagian nilai Z yang diperoleh dari kegiatan lain.
4. Divisibilitas, yaitu peubah-peubah keputusan X_j jika diperlukan dapat berupa bilangan pecahan.
5. Deterministik, yaitu semua parameter yang terdapat dalam model program linier (a_{ij} , b_i , c_j) dapat diperkirakan dengan pasti meskipun jarang dengan tepat (Subagyo et al., 1989)

Integer linear programming berhubungan dengan penyelesaian masalah masalah program matematis yang mengasumsikan beberapa atau semua variabelnya bernilai integer non negatif. Suatu program linier disebut campuran atau murni tergantung pada apakah beberapa atau semua variabelnya terbatas untuk nilai-nilai integer. Metode integer programming dapat dikelompokkan ke

dalam metode pemotongan (*cutting method*) dan metode penelusuran (*search method*) (Taha, 1992).

2.7 Pengertian dan Konsep Algoritma Genetik

Genetic Alogarithm atau algoritma genetika (GA) masuk dalam kelompok *Evolutionary Algorithm*. GA didasarkan pada prinsip-prinsip genetika dan seleksi alam. Elemen – elemen dari genetika alam adalah : reproduksi, crossover, dan mutasi. Elemen – elemen ini yang dipakai dalam prosedur GA. Alogaritma ini banyak dipakai dalam penyelesaian masalah kombinatorial seperti *TSP*, *VRP*, *crew scheduling* untuk airline hingga permasalahan kontrol. GA termasuk pelopor dalam pendekatan Metaheuristik. Banyak algoritma yang belakangan muncul mengadopsi beberapa langkah dari GA. Dalam *evolution-based approach* biasanya akan dibangkitkan sejumlah populasi yang dalam masalah optimasi menjadi solusi awal. Dengan prosedur tertentu seperti mutasi, seleksi, dna crossover akhirnya didapatkan sejumlah populasi yang dalam masalah optimasi menjadi solusi awal. Dengan prosedur tertentu seperti mutasi, seleksi, dan crossover akhirnya didapatkan solusi akhir dari problem optimasi yang dihadapi. GA termasuk temuan penting dalam bidang optimasi, dimana suatu algoritma diciptakan dengan meniru mekanisme evolusi dalam perkembangan makhluk hidup. Dalam GA prosedur pencarian hanya didasarkan pada nilai fungsi tujuan, tidak ada pemakaian gradient atau teknik kalkulus.

Beberapa istilah dipakai dalam GA dijelaskan dalam sub bab berikut ini [Venkataraman, 2002].

2.7.1 Kromosom

Dalam GA, kromosom merupakan bagian penting dari algoritma. Satu kromosom atau individu mewakili satu vektor solusi. Kadang kita bisa langsung menggunakan vektor solusi ini dalam implementasi GA atau kadang bisa juga dilakukan encoding atau pengkodean. Pengkodean dilakukan untuk mewakili suatu nilai solusi menggunakan bilangan biner. Ini tergantung pada permasalahan optimasi yang dihadapi. Dalam permasalahan optimasi fungsi, sering kali nilai kontinyus akan diwakili dengan bilangan biner. Dengan bilangan biner langkah – langkah kawin silang atau mutasi akan lebih banyak variasinya, sebaliknya bisa juga dilakukan penghitungan tanpa melalui proses *enkoding*, jadi solusi memang dalam bentuk kontinyus dan proses – proses seleksi, kawin silang dan mutasi dilakukan dengan menggunakan bilangan kontinyus. Pada akhir algoritma GA, jika dilakukan pengkodean maka akan dilakukan proses mengembalikan ke nilai kontinyus asalnya, yang sering disebut *dekoding*. Dalam GA kita akan membangkitkan populasi sebagai kumpulan dari kromosom, dimana masing – masing kromosom mewakili suatu vektor solusi. Setiap anggota kromosom disusun oleh gen – gen, dimana masing masing gen mewakili elemen dari vektor solusi. Dengan dibangkitkannya populasi ini, maka akan tersedia banyak pilihan solusi.

2.7.2 Fitness

Fungsi *fitness* digunakan untuk mengukur tingkat kebaikan dan kesenian (fitness) suatu solusi dengan solusi yang dicari. Fungsi fitness bisa berhubungan langsung dengan fungsi tujuan, atau bisa juga sedikit modifikasi terhadap fungsi tujuan. Sejumlah solusi yang dibangkitkan dalam populasi akan dievaluasi menggunakan fungsi fitness. Fungsi fitness yang biasa digunakan adalah $F(x) = \frac{1}{1+f(x)}$ dimana $f(x)$ adalah fungsi tujuan dari problem yang kita selesaikan. Untuk kasus minimasi, jika didapatkan $f(x)$ yang kecil

maka nilai fitnessnya besar. Sebaliknya untuk kasus maksimasi, fungsi fitnessnya bisa menggunakan nilai $f(x)$ sendiri, jadi $F(x) = f(x)$.

Setelah setiap solusi dievaluasi dengan fungsi fitness, perlu dilakukan proses seleksi terhadap kromosom. Proses seleksi dilakukan untuk memilih diantara kromosom anggota populasi ini, mana yang bisa menjadi induk (parent) atau melakukan identifikasi diantara populasi ini, kromosom yang akan menjadi anggota populasi berikutnya. Ada beberapa cara melakukan seleksi ini. Sebagian anggota populasi bisa dipilih untuk proses reroduksi. Cara yang umum digunakan adalah melalui *roulette wheel selection* atau roda letere.

2.7.3 Elitisme

Konsep elitisme (*elitism*) dalam GA berarti usaha mempertahankan individu – individu terbaik yang telah diperoleh disuatu generasi ke dalam generasi selanjutnya. Sehingga individu – individu terbaik ini akan tetap muncul di populasi berikutnya. Langkah ini dilakukan dalam berbagai cara. Misalnya, melalui penyalinan individu terbaik, atau dapat juga melalui kombinasi antara solusi – solusi turunan atau anak dengan induk, terbukti bahwa penggunaan operator elitisme ini telah terbukti memiliki pengaruh yang sangat penting saat menggunakan GA untuk menyelesaikan persoalan optimasi dengan tujuan tunggal. Elitisme dimaksudkan untuk menjaga individu terbaik untuk tetap muncul didalam populasi di iterasi berikutnya.

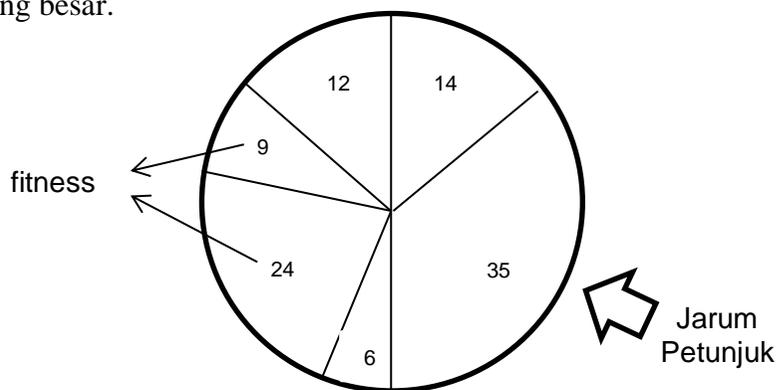
2.7.4 Seleksi dengan Roda Lotere

Untuk memahami proses seleksi dengan roda lotere kita lihat gambar 6.1. kita bayangkan mempunyai lingkaran lotere yang daerahnya dibagi-bagi sebanyak jumlah individu atau solusi yang dibangkitkan. Dalam contoh ini ada 6 individu. Dalam roda lotere setiap individu punya kesempatan untuk terpilih. Setiap area dalam lingkaran ini menunjukkan peluang setiap solusi

untuk dipilih. Untuk setiap individu atau solusi akan dibangkitkan bilangan random. Misalkan untuk individu 1, dibangkitkan bilangan random (atau dalam contoh ini bilangan random dikalikan dengan total fitness (tf)) berada di area mana dari lingkaran lotere tersebut. Misalkan nilai $r \times tf$ lebih kecil dari akumulasi $fitness\ 1 + fitness\ 2$, maka individu 2 yang akan dipilih untuk menggantikan individu 1.

Setiap kali roda diputar sampai berhenti, jarum penunjuk akan tertuju pada individu tertentu. Individu dengan nilai fitness paling besar akan punya kesempatan terpilih paling besar untuk menjadi induk. Dalam contoh ini, jika roda diputar sebanyak individu (6), peluang individu 1 dengan nilai fitness 35 akan terpilih paling besar, dibanding individu dengan fitness yang lebih rendah. Dalam optimasi fitness ini mewakili nilai fungsi tujuan. Dalam kasus minimasi fungsi, semakin kecil nilai fungsi tujuan, semakin besar nilai fitness. Proses seleksi induk ini akan diulang sejumlah yang diinginkan.

Dari contoh ini, kelihatan bahwa solusi ke-2 punya peluang peling tinggi untuk diseleksi menjadi induk karena kromosom ke-2 ini mempunyai nilai fitness paling besar.



Gambar 2.2 Roullwate Selection

2.7.5 Crossover atau Kawin silang

Istilah crossover juga sering disebut *kawin silang*. Ada bermacam – macam teknik crossover yang bisa digunakan dalam GA. Disini kita akan membahas dua macam crossover yaitu crossover sederhana dan crossover aritmatik. Dalam crossover sederhana, jika ada dua induk $P1$ dan $P2$ dan

menghasilkan dua keturunan C1 dan C2. Misalkan anggota induk adalah $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ dan $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ dan r adalah bilangan random diskrit yang bernilai antara 1 dan panjang vektor x , maka U dan V yang mewakili keturunan C1 dan C2 didefinisikan sebagai

$$u_i = \begin{cases} x_i & i < r \\ y_i & \text{Sebaliknya} \end{cases}$$

Nilai bilangan random r sering disebut dengan titik potong. Jadi dari gen berapa kawin silang akan dilakukan. Misalkan dari 8 gen didapat $r = 3$, maka mulai gen ke 4, gen dari kromosom X akan ditukarkan dengan gen dari kromosom Y. Sedangkan dalam **crossover aritmatik**, keturunan dihasilkan dengan cara melakukan kombinasi linier dari faktor induk. Secara matematis bisa dituliskan

$$C1 = \lambda_1 X + \lambda_2 Y$$

$$C2 = \lambda_2 X + \lambda_1 Y$$

Dengan syarat Crossover aritmatik terutama cocok untuk kasus dimana variabel keputusan bernilai kontinuitas. Kawin silang dilakukan untuk mendapatkan kombinasi yang lebih baik antara satu individu dengan individu lain dalam satu populasi.

Kombinasi linier parameter penting dalam kawin silang adalah **probabilitas kawin silang**. Jika parameter ini bernilai kecil, maka hanya sedikit kromosom yang akan mengalami kawin silang. Jika nilai ini membesar, maka akan semakin besar kromosom yang akan mengalami kawin silang. Misalkan nilai parameter ini adalah 0,5. Maka akan ada sekitar separuh populasi yang akan mengalami kawin silang.

2.7.6 Mutasi

Mutasi memungkinkan memunculkan individu – individu baru yang bukan berasal dari kawin silang. Mutasi mengacu pada perubahan urutan atau penggantian elemen vektor solusi (pada tahap TSP), pemunculan nilai baru

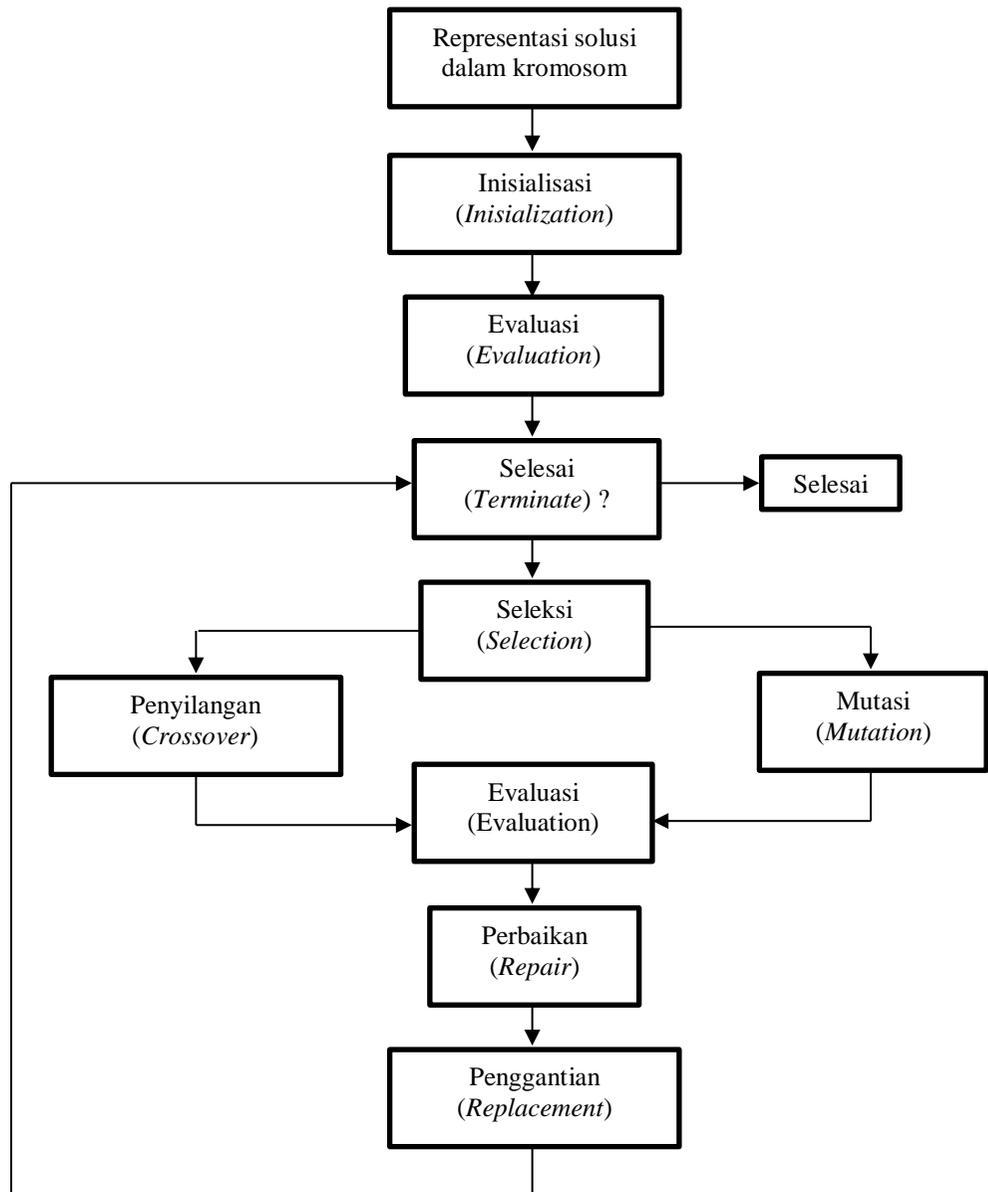
(optimasi fungsi). Elemen tersebut juga dipilih secara random. Misalkan untuk vektor solusi X , untuk elemen terpilih k .

Parameter penting dalam mutasi adalah **probabilitas mutasi**. Probabilitas ini akan menentukan kromosom mana yang akan mengalami perubahan gen. Semakin besar nilai probabilitas mutasi, semakin banyak kromosom dalam populasi yang akan mengalami mutasi. Misalkan nilai probabilitas 0.01, maka akan ada sekitar 1% dari seluruh kromosom dalam populasi yang akan mengalami mutasi.

Mutasi dimaksudkan untuk memunculkan individu baru yang berbeda sama sekali dengan individu yang sudah ada. Dalam konteks optimasi memungkinkan munculnya solusi baru untuk bisa keluar dari lokal optimasi umum.

2.7.7 Operator-Operator Algoritma Genetik

Pencarian kromosom (solusi) baru pada populasi dilakukan dengan menggunakan operator-operator genetik yang terdiri atas operator seleksi (*selection*), penyilangan (*crossover*), dan mutasi (*mutation*). Diagram alir algoritma genetik adalah sbb :



Gambar 2.3 Diagram alir algoritma genetik (Wang, 1999)

2.8 Langkah – langkah GA

Secara garis besar GA dasar bisa dijelaskan sebagai berikut :

1. Bangkitkan populasi awal

- bangkitkan populasi awal atau kromosom - kromosom awal secara random.
 - Evaluasi nilai setiap individu didalam populasi awal ini dengan menggunakan fungsi fitness.
 - Tentukan ukuran populasi.
 - Tentukan probabilitas kawin silang.
 - Tentukan probabilitas mutasi.
2. Set iterasi ke $t=1$.
 3. Pilih individu terbaik untuk disalin sejumlah tertentu untuk mengganti individu lain (elitisme).
 4. Lakukan seleksi kompetitif untuk memilih anggota populasi sebagai induk untuk dikawin silang.
 5. Lakukan kawin silang antar induk yang terpilih.
 6. Tentukan beberapa individu dalam populasi untuk mengalami proses mutasi.
 7. Jika belum mencapai konvergensi set iterasi $t = t+1$.
 8. Kembali kelangkah 2

Dalam implementasi GA sering digunakan bilangan biner (binary) untuk mewakili nilai variabel yang dicari. Sesudah itu akan bisa dicari berapa jumlah bilangan biner yang diperlukan untuk mewakili (berapa jumlah bit).

Jika kita mempunyai nilai biner $b_q b_{q-1} \dots b_2 b_1 b_0$, dimana $b_k = 0$ atau 1 , secara umum untuk mengubah nilai bilang biner menjadi desimal bisa dilakukan dengan cara

$$y = \sum_{k=0}^q 2^k b_k$$

dengan $k = 0, 1, 2, \dots, q$. Misalkan set nilai biner 110 bisa dihitung desimalnya sebagai $2^0(0) + 2^1(1) + 2^2(1) = 6$, dimana perhitungan dilakukan dari belakang.

Setelah dibangkitkan sejumlah individu dengan nilai biner, maka individu ini bisa dikembalikan nilainya kedalam nilai kontinyus (dekoding) dalam interval BB dan BA dengan rumus berikut

$$x = BB + \frac{BA - BB}{2^q - 1} \sum_{k=0}^{q-1} 2^k b_k$$

Jika sebuah variabel x yang batas bawah dan batas atasnya diberikan sebagai BA dan BB akan diwakili dengan menggunakan satu set nilai biner, maka bisa dihitung berapa digit bilangan biner yang diperlukan jika diketahui tingkat akurasinya Δx .

$$2^q \geq \frac{BA - BB}{2^q - 1} + 1$$

Misalkan dikehendaki akurasi 0.01, suatu variabel kontinyus x dengan batas bawah -6 dan batas atas 6 akan diwakili dengan bilangan biner, maka kita perlu tahu berapa bilangan biner (bit) yang diperlukan.

$$2^q \geq \frac{6 - (-6)}{0.01} + 1 = 1201$$

Maka $q = 11$. Artinya, diperlukan 11 bit nilai biner untuk mewakili nilai x tadi. Atau, diperlukan 11 bilangan biner untuk mewakilinya.