

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kombinasi Produk

Menurut Ahyari (1994) menyimpulkan bahwa apabila terdapat lebih dari satu macam produk yang akan diproduksi dengan mempergunakan mesin, tenaga kerja serta bahan baku yang sama, maka dalam hal ini akan menimbulkan masalah kombinasi produksi. Manajemen perusahaan yang bersangkutan selayaknya harus dapat menentukan berapa jumlah masing-masing jenis produk tersebut yang akan diproduksi, serta meliputi jenis produk apa saja, sehingga perusahaan tersebut akan dapat mempergunakan masukan (input) yang ada dengan sebaik-baiknya serta akan dapat memperoleh hasil yang paling optimal.

Penentuan kombinasi produk secara optimal melibatkan pemanfaatan sumber daya produksi yang dimiliki secara efisien dan tepat sehingga tujuan yang optimal dapat dicapai. Kesalahan perencanaan kombinasi produk akan mengakibatkan ketidaktepatan pengalokasian faktor-faktor produksi (mesin, tenaga kerja, modal serta keahlian) yang tersedia, jumlah permintaan pasar juga mempengaruhi hasil perencanaan kombinasi produk yang akan diproduksi. Sehingga dalam melakukan perencanaan kombinasi produk yang optimal terdapat beberapa factor yang mempengaruhi satu sama lain yaitu:

1. Ketersediaan bahan baku
2. Ketersediaan tenaga kerja

3. Ketersediaan modal
4. Ketersediaan permintaan pasar
5. Ketersediaan kapasitas mesin produksi
6. Metode peramalan

2.2 Manajemen Produksi

Pada dewasa ini terdapat persaingan yang semakin ketat dalam dunia usaha dan semakin maju cara-cara yang dikembangkan untuk mencapai tujuan dan sasaran efektif dan efisien. Untuk itu dikembangkan pemikiran-pemikiran dan pengkajian-pengkajian untuk mendapatkan cara-cara yang lebih baik guna menghasilkan keluaran secara optimal, sehingga dapat mencapai sasaran secara tepat waktu, tepat jumlah, tepat mutu dengan biaya yang lebih efisien.

Yang dimaksud dengan manajemen produksi adalah kegiatan mengkoordinasikan penggunaan sumber-sumber daya yang dimiliki untuk mencapai tujuan, mentransformasikan masukan (input) menjadi keluaran (output) secara efektif dan efisien. (Assauri, 1993)

2.2.1 Perencanaan Sistem Produksi.

Organisasi adalah alat untuk mencapai tujuan dalam manajemen sehingga organisasi dianggap alat manajemen dalam pencapaian tujuannya. (Assauri, 1993). Organisasi dalam dunia bisnis diasumsikan sebagai perusahaan. Oleh karena itu guna memperoleh hasil yang sebaik-baiknya, diperlukan perencanaan yang cermat dan teliti dari sistem produksi yang akan dipergunakan oleh perusahaan tersebut.

Apabila perencanaan sistem produksi ini ditelaah menjadi lebih jauh lagi, maka akan diperoleh hal-hal berikut ini: (Ahyari, 1994)

1. Perencanaan produk

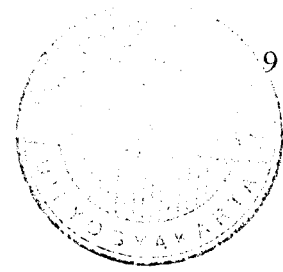
Perencanaan produk merupakan perencanaan tentang apa, berapa dan bagaimana produk yang akan dapat diproduksi oleh perusahaan yang bersangkutan.

2. Perencanaan lokasi pabrik

Pabrik merupakan tempat dimana fungsi teknis dari suatu perusahaan tersebut berada. Lokasi dari pabrik tersebut sudah seharusnya direncanakan dengan tepat, karena pemilihan lokasi pabrik yang asal akan dapat menimbulkan berbagai macam kerugian. Sebaliknya pemilihan lokasi pabrik yang tepat akan menunjang kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan oleh perusahaan yang bersangkutan sehingga potensi untuk mendapatkan keuntungan dari perusahaan tersebut menjadi semakin besar.

3. Perencanaan letak fasilitas produksi

Letak fasilitas produksi atau yang sering disebut dengan layout pabrik, merupakan suatu hal yang mempunyai pengaruh langsung terhadap tingkat produktivitas dalam perusahaan. Penyusunan letak fasilitas produksi yang teratur serta memenuhi persyaratan teknis yang telah ditentukan, dapat menunjang adanya efisiensi kerja serta efektivitas pelaksanaan kegiatan dalam perusahaan.



4. Perencanaan lingkungan kerja

Lingkungan kerja merupakan faktor yang sangat penting di dalam perusahaan. Lingkungan kerja yang baik akan mendukung adanya tingkat produktivitas kerja yang tinggi. Dalam masalah lingkungan kerja suatu perusahaan terdapat tiga hal yang perlu diperhatikan yaitu masalah pelayanan karyawan, kondisi kerja dan hubungan karyawan dalam perusahaan tersebut. Hubungan antara karyawan dalam perusahaan yang baik akan dapat menimbulkan ketenangan kerja, yang ini berarti para karyawan dapat bekerja dengan tenang dan tertib.

5. Perencanaan standar produksi

Dengan adanya standarisasi dalam perusahaan, maka akan banyak keuntungan yang dapat diperoleh oleh perusahaan. Adanya perencanaan standar produksi dalam perusahaan, membuat para karyawan akan mempunyai pegangan untuk pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan, sedangkan manajemen perusahaan juga akan mempunyai beberapa kemudahan untuk mengadakan pengendalian dari kegiatan produksi, baik itu merupakan pengendalian bahan baku dan biaya produksi, maupun pengendalian tenaga kerja dan lain sebagainya.

2.2.2 Pengendalian Produksi.

Pengendalian produksi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang telah direncanakan, baik mengenai jumlah, kualitas, harga maupun waktunya, sedangkan menurut Assauri (1993) pengendalian produksi

dilakukan untuk menjamin apa yang telah ditetapkan dalam rencana produksi dapat terlaksana dan apabila terjadi penyimpangan dapat segera dikoreksi sehingga tidak mengganggu pencapaian target produksi. Pengendalian produksi bila ditinjau secara terperinci maka akan dapat terlihat masing-masing yaitu: (Ahyari,1994)

1. Pengendalian proses produksi

Pengendalian proses produksi ini akan menyangkut beberapa masalah tentang perencanaan dan pengawasan dari proses produksi dalam suatu perusahaan. Produk apa dan berapa yang akan diproduksi pada suatu periode yang akan datang, bagaimana penyelesaian proses produksinya, kapan proses produksi tersebut seharusnya akan dimulai, dan kapan proses tersebut seharusnya sudah selesai, dan lain sebagainya.

2. Pengendalian bahan baku

Bahan baku merupakan unsur yang sangat penting dalam perusahaan. Ketiadaan bahan baku dalam suatu perusahaan, berarti terhentinya proses produksi dari dalam perusahaan yang bersangkutan. Oleh karena itu, didalam suatu perusahaan tersedianya persediaan bahan baku untuk keperluan proses produksi merupakan suatu hal yang mutlak diperlukan.

3. Pengendalian tenaga kerja

Tenaga kerja langsung yang benar-benar menangani pelaksanaan produksi dalam suatu perusahaan ini akan mempunyai peranan yang cukup penting dalam penentuan baik dan buruknya kualitas produk perusahaan yang bersangkutan.

4. Pengendalian kualitas

Kualitas produk mempunyai peranan yang cukup penting didalam usaha mempertahankan kelangsungan hidup dari perusahaan. Berproduksi tanpa memperhatikan kualitas hasil produksinya, akan berakibat terancamnya kehidupan perusahaan tersebut pada masa yang akan datang. Disamping tersedianya banyak penawaran produk sejenis, konsumen akan berfikir menjadi lebih kritis sehingga dalam pembelian produk selalu mempertimbangkan kualitas barang disamping harga produk

5. Pengendalian biaya produksi

Biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam melaksanakan proses produksinya perlu untuk direncanakan dan dikendalikan sebaik-baiknya. Tingginya harga pokok produksi akan berakibat kepada tingginya harga pokok penjualan produk perusahaan, sehingga perusahaan akan mengalami berbagai kesulitan sehubungan dengan harga pokok penjualan yang tinggi tersebut.

6. Pengendalian pemeliharaan peralatan

Dalam pelaksanaan operasi produksi, pemeliharaan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dengan pelaksanaan operasi produksi tersebut. Penggunaan sarana dan fasilitas produksi yang terus menerus, apabila tidak didukung dengan pemeliharaan yang memadai akan berakibat timbulnya kerusakan dari peralatan produksi yang dipergunakan tersebut dalam waktu yang relatif singkat.

2.3 Peramalan

2.3.1 Konsep Dasar Peramalan

Prakiraan atau peramalan merupakan seni dan ilmu dalam memprediksikan kejadian yang mungkin dihadapi pada masa yang akan datang. Dalam dunia usaha dan ekonomi, istilah prakiraan atau peramalan dipergunakan dalam beberapa bentuk istilah lain, seperti estimasi, prediksi dan proyeksi.

Pengertian prakiraan/peramalan (forecast) adalah penggunaan data atau informasi untuk menentukan kejadian pada masa depan, dalam bentuk perhitungan atau prakiraan dari data yang lalu dan informasi yang lainnya untuk penentuan terlebih dahulu atau prakiraan.

Ada beberapa alasan yang mendasari diperlukan peramalan antara lain untuk menghindari kelebihan produksi (over production) yang dapat merugikan perusahaan dan juga adanya perbedaan waktu antara perencanaan dengan pelaksanaan perencanaan tersebut (Assauri, 1993). Lebih jauh dapat dikatakan bahwa fungsi peramalan adalah sebagai suatu dasar bagi perencanaan, seperti dasar bagi perencanaan kapasitas, anggaran, perencanaan produksi, inventori dsb.

Oleh karena masing-masing metode prakiraan/peramalan berbeda-beda maka penggunaannya harus hati-hati terutama dalam pemilihan metode untuk penggunaan dalam kasus tertentu. Pertimbangan ini dibutuhkan, karena tidak ada satu pun metode dari prakiraan/peramalan tersebut yang dapat dipergunakan secara universal untuk keadaan atau situasi. Disamping itu perlu pula diperhatikan bahwa prakiraan atau peramalan selalu salah, dimana jarang sekali

terjadi apa yang diperkirakan atau diramalkan tentang penjualan misalnya sama persis dengan jumlah yang terjadi dalam penjualan nyata. (Assauri, 1993)

Walaupun selalu terdapat adanya penyimpangan hasil prakiraan atau ramalan dengan apa yang terjadi, tetapi upaya dapat dilakukan untuk dilakukan untuk mengurangi kesalahan dari prakiraan atau peramalan tersebut. Terdapat dua cara untuk mengurangi kesalahan atau error dari prakiraan/peramalan yang dilakukan. Cara pertama adalah mengurangi kesalahan atau error tersebut melalui prakiraan atau peramalan yang terbaik. Sedangkan cara yang kedua adalah membuat fleksibilitas atau keluwesan dari operasi produksi. Dengan prakiraan atau peramalan yang baik akan selalu menghadapi beberapa kesalahan atau error tetapi kemungkinan kesalahan atau error yang terkecil adalah konsisten dengan tujuan dari biaya prakiraan atau peramalan yang masuk akal.

2.3.2 Klasifikasi Teknik Peramalan

Secara umum, peramalan dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

1. Peramalan Subjektif

Peramalan ini dilakukan berdasarkan pertimbangan, pendapat, pengalaman, dan prediksi seseorang yang meskipun kurang ilmiah tetapi dapat memberikan hasil yang lebih baik. Pendekatan ini digunakan saat tidak tersedia data historis. Yang termasuk peramalan subjektif antara lain adalah *delphi method* dan *market research*.

2. Peramalan Objektif

Merupakan prosedur peramalan yang mengikuti aturan-aturan matematis dan statistik dalam menunjukkan hubungan antara permintaan dengan satu atau lebih variabel yang mempengaruhinya. Yang termasuk peramalan obyektif adalah analisis deret waktu (*Time Series*).

2.3.3 Klasifikasi Metode Peramalan

Terdapat perbedaan keputusan yang harus diambil dalam produksi operasi sehingga ada dua jenis metode peramalan: (Assauri, 1993)

1. Metode kualitatif

Kualitatif berdasarkan prakiraan pada keputusan pandangan atau intuisi seseorang. Beberapa orang menggunakan metode kualitatif yang sama tapi hasil prakiraan/peramalan dapat berbeda. Metode kualitatif yang banyak digunakan adalah *Delphi technique*, survei pasar dan *judgement/intuisi*.

2. Metode kuantitatif

Metode kuantitatif lebih jauh lagi dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Prakiraan deret waktu
- b. Sebab akibat

Kedua metode kuantitatif ini mendasarkan prakiraan atau peramalannya adalah pada data yang lalu, dengan menggunakan predictor untuk masa mendatang. Dengan mengolah data yang lalu maka melalui metode time sries atau kausal akan sampai pada suatu hasil prakiraan atau peramalan.

Metode prakiraan atau peramalan deret waktu (*time series*) mendasarkan data yang lalu dari suatu produk, yang dianalisis pola data tersebut apakah berpola trend atau musiman maupun siklus. Metode-metode yang dapat dipergunakan dalam hal ini dapat berupa *moving average*, *exponential smoothing*, model matematik dan metode *box jenkins*.

Metode sebab akibat juga didasarkan dari data yang lalu, tetapi menggunakan data dari variabel yang lain yang menentukan atau mempengaruhinya pada masa depan. Seperti penduduk, pendapatan dan kegiatan ekonomi. Metode-metode ini yang dapat dipergunakan dalam hal ini adalah regresi, model ekonometri, model input-output, dan model simulasi.

2.3.4 Faktor-Faktor yang dipertimbangkan dalam Peramalan

Dalam melakukan peramalan ada beberapa prinsip peramalan yang harus dipertimbangkan antara lain:

1. Peramalan melibatkan kesalahan (*error*). Peramalan hanya mengurangi ketidakpastian tetapi tidak menghilangkan.
2. Peramalan sebaiknya memakai tolak ukur kesalahan peramalan. Pemakai harus tahu besar kesalahan yang dapat dinyatakan dalam satuan unit atau prosentase (*probability*) permintaan actual akan jatuh dalam interval peramalan.
3. Peramalan family produk lebih akurat daripada peramalan produk individu

4. Peramalan jangka pendek lebih akurat daripada peramalan jangka panjang, karena dalam jangka pendek kondisi yang mempengaruhi permintaan cenderung tetap atau berubah lambat, sehingga peramalan jangka pendek lebih akurat.
5. Jika dimungkinkan, hitung permintaan daripada meramal permintaan.

2.3.5 Langkah-langkah dalam Peramalan

Proses peramalan biasanya terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

(Handoko, 1984)

1. Penentuan tujuan. Langkah pertama terdiri atas penentuan tujuan estimasi yang diinginkan. Sebaliknya, tujuan tergantung pada kebutuhan-kebutuhan informasi para manajer. Analisa membicarakan dengan para pembuat keputusan untuk mengetahui apa kebutuhan-kebutuhan mereka, dan menentukan:
 - a. Variabel-variabel apa yang akan diestimasi.
 - b. Siapa yang menggunakan hasil peramalan.
 - c. Untuk tujuan-tujuan apa hasil peramalan yang akan digunakan.
 - d. Estimasi jangka panjang atau jangka pendek yang diinginkan.
 - e. Derajat ketepatan estimasi yang diinginkan.
 - f. Kapan estimasi dibutuhkan.
 - g. Bagian-bagian peramalan yang diinginkan, seperti peramalan untuk kelompok pembeli, kelompok produk atau daerah geografis.

Pengembangan model. Setelah tujuan ditetapkan, langkah berikutnya adalah mengembangkan suatu model, yang merupakan penyajian secara lebih sederhana sistem yang dipelajari. Dalam peramalan, model adalah suatu kerangka analitik yang bila dimasukkan data masukan, menghasilkan estimasi penjualan di waktu mendatang (atau variabel apa saja yang diramal). Analisis hendaknya memilih suatu model yang menggambarkan secara realistik perilaku variabel-variabel yang dipertimbangkan. Sebagai contoh, bila perusahaan ingin meramal penjualan yang “perilaku”nya berbentuk linier, model yang dipilih mungkin : $\text{penjualan} = A + BX$, dimana X menunjukkan unit waktu, dan A dan B adalah parameter-parameter yang menggambarkan posisi dan kemiringan garis pada grafik. Pemilihan suatu model yang tepat adalah krusial. Setiap model mempunyai asumsi-asumsi yang harus dipenuhi sebagai persyaratan penggunaannya. Validitas dan reliabilitas estimasi sangat tergantung pada model yang dipakai.

2. Pengujian model. Sebelum diterapkan, model biasanya diuji untuk menentukan tingkat akurasi, validitas dan reabilitas yang diharapkan. Ini sering mencakup penerapannya pada data historis, dan penyiapan estimasi untuk tahun-tahun sekarang dengan data nyata yang tersedia. Nilai suatu model ditentukan dengan derajat ketepatan hasil peramalan dengan kenyataan (actual). Dengan kata lain, pengujian model bermaksud untuk mengetahui validitas atau kemampuan prediktif secara logika suatu model.
3. Penerapan model. Setelah pengujian, analisis menerapkan model dalam tahap ini, data historis dimasukkan dalam model untuk menghasilkan

suatu ramalan. Dalam kasus model penjualan = $A+BX$, analisis menerapkan teknik-teknik matematik agar diperoleh A dan B.

4. Revisi dan evaluasi. Ramalan-ramalan yang telah dibuat harus senantiasa diperbaiki dan ditinjau kembali. Perbaikan mungkin perlu dilakukan karena adanya perubahan-perubahan dalam perusahaan atau lingkungannya, seperti tingkat harga produk perusahaan, karakteristik-karakteristi produk, pengeluaran-pengeluaran pengiklanan, tingkat pengeluaran pemerintah, kebijaksanaan moneter dan kemajuan teknologi. Evaluasi dilain pihak, merupakan perbandingan ramalan-ramalan dengan hasil-hasil nyata untuk menilai ketepatan penggunaan suatu metodologi atau teknik peramalan. Langkah ini diperlukan untuk menjaga kualitas estimasi-estimasi di waktu yang akan datang.

2.3.6 Kriteria Dasar Peramalan

Untuk menentukan teknik peramalan yang sesuai dengan kebutuhan, perlu diperhatikan beberapa kriteria dasar peramalan sebagai berikut : (Assauri, 1993)

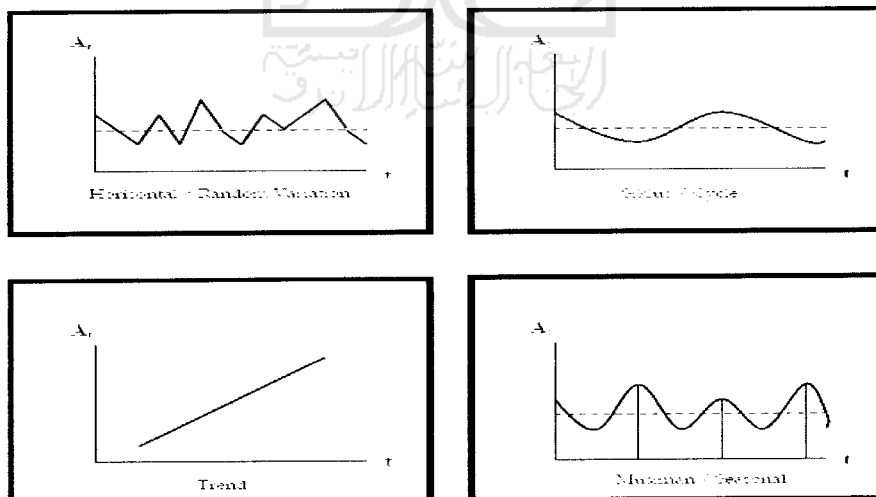
1. Pola data

Langkah penting dalam menentukan metode peramalan yaitu menentukan pola data masa lalu untuk menentukan deret waktu dari metode peramalan yang sesuai .

Empat jenis pola data yang ada yaitu :

- a. Horizontal (H) terjadi bilamana nilai data berfluktuasi sekitar nilai rata-rata konstan. Misalnya, suatu produk yang permintaannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu.
- b. Musiman (S) terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh factor musiman (misalnya mingguan, bulanan atau perempatan tahunan). Contohnya adalah permintaan es krim, payung dan minuman ringan.
- c. Siklis (C) terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Misalnya, permintaan produk mobil dan besi baja.
- d. Trend (T) terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan data dalam waktu jangka panjang. Misalnya, produk nasional bruto (GNP).

Berikut ini disajikan visualisasi dari pola-pola data diatas sebagai berikut:



Gambar 2.1 Plot pola data

2. Horizon waktu.

Dalam memilih metode peramalan yang tepat perlu dipertimbangkan juga factor horizon waktu, karena teknik peramalan yang ada sesuai untuk suatu kondisi tetapi tidak cocok untuk kondisi yang lain. Factor-faktor horizon waktu ini berkaitan dengan tujuan peramalan dan jumlah data yang diperlukan. Untuk itu, jangka waktu peramalan dibagi atas tiga kategori, yaitu : (Nasution, 1999)

- a. Jangka pendek, waktu peramalan < 3 bulan
- b. Jangka menengah, waktu peramalan < 2 tahun
- c. Jangka panjang, waktu peramalan > 3 tahun

3. Ketepatan hasil peramalan

Jika beberapa model peramalan cocok untuk kondisi tertentu maka perlu ditentukan model mana yang lebih baik (tidak bias) atau jika hanya satu model mana yang cocok maka perlu model lain sebagai pembandingan untuk melihat keefektifan model tersebut. Proses ini disebut kesalahan peramalan. (Makridakis dan Wheelright, 1993)

Perhitungan kesalahan peramalan adalah sebagai berikut:

- a. MAD (*Mean Absolute Deviation*)

$$\text{MAD} = \frac{\sum |e_i|}{n}$$

- b. MSE (*mean Square Error*)

$$\text{MSE} = \frac{\sum (e_i)^2}{n}$$

c. Bias/ Mean Error/ Deviation

$$\text{Bias} = \frac{\sum e_t}{n}$$

d. R^2 : multiple correction coefficient

$$R^2 = \frac{(1-n).MSD}{(n-1).V}$$

e. MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^N \left| \frac{e_t}{A_t} \right|}{n} \times 100$$

Keterangan :

$E(t)$ = kesalahan deviasi untuk peramalan

$\sum t$ = jumlah periode waktu $t = 1, 2, 3, \dots, n$

N = nomer periode dimasa $e(t)$

V = variansi dari data actual untuk periode n

Dengan demikian tipe peramalan yang baik adalah tipe peramalan yang memberikan nilai kesalahan yang terkecil.

2.4 Analisis Biaya dan Laba

2.4.1 Perilaku Biaya

Sebagian besar keputusan yang diambil oleh manajemen memerlukan informasi dan biaya yang didasarkan pada perlakuannya. Yang dimaksudkan perilaku biaya adalah pola perubahan biaya dalam kaitannya dengan perubahan volume kegiatan atau aktivitas perusahaan (misalnya volume produksi/volume penjualan). Berdasarkan hubungan dengan perubahan volume kegiatan perusahaan, biaya

dapat digolongkan atas biaya variable, biaya tetap, dan biaya semi variable. (Mulyadi, 1993).

Biaya Variabel

Biaya variabel adalah biaya-biaya yang totalnya selalu berubah secara proposional (sebanding) dengan volume kegiatan perusahaan. Besar kecilnya biaya variable dipengaruhi oleh besar kecilnya volume penjualan/produksi secara proposional, yang termasuk biaya ini antara lain : biaya bahan baku , biaya tenaga kerja langsung, sebagian biaya overhead pabrik (seperti penyusunan aktiva tetap pabrik yang dihitung berdasarkan jumlah unit produksi), komisi penjualan yang ditentukan berdasarkan prosentase tertentu dari hasil penjualan dan sebagainya.

Biaya Tetap

Biaya tetap adalah biaya-biaya yang di dalam jarak kapasitas (range of capacity) tertentu totalnya tetap, meskipun volume kegiatan perusahaan berubah-ubah. Sejauh tidak melampaui kapasitas biaya tetap total tidak dipengaruhi oleh besar kecilnya volume kegiatan perusahaan. Jarak kapasitas adalah serangkaian tingkat volume kegiatan perusahaan yang dapat dicapai tanpa menambah kapasitas.

Biaya Semi Variabel

Biaya semi variable adalah biaya-biaya yang totalnya selalu berubah tetapi tidak proposional dengan perubahan yang konstan. Biaya dapat dikelompokkan pada tingkat perubahan yang konstan. Biaya dapat dikelompokkan pada tingkat perubahannya semakin rendah. Dalam hal ini biaya semi variabel terkandung unsur biaya tetap dan unsur biaya variable. Contoh biaya semi variabel adalah biaya tenaga kerja yang dikaitkan dengan kurva belajar.

2.4.2 Pola Perilaku Biaya

Perubahan biaya total sebagai akibat dari perubahan volume kegiatan perusahaan ada tiga macam pola, yaitu : (Mulyadi, 1993)

1. Jumlahnya tetap, meskipun volume kegiatan berubah (biaya tetap).
2. Jumlah berubah secara proposional dengan perubahan volume kegiatan (biaya variabel).
3. Jumlah berubah tidak sebanding dengan perubahan volume kegiatan (biaya semi variabel).

Untuk menggambarkan hubungan antara biaya total dengan volume kegiatan perusahaan, pada umum dinyatakan dengan fungsi biaya sebagai berikut :

$$Y = a + bx$$

Dimana :

Y = biaya total

X = volume kegiatan

a = biaya tetap total

b = biaya variabel per unit

2.5 Linear Programming

2.5.1 Konsep Dasar Linear Programming

Programa linier yang diterjemahkan dari linear programming (LP) adalah suatu cara untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing, dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan. Persoalan pengalokasian ini akan muncul manakala seseorang harus memilih tingkat aktivitas-aktivitas tersebut.

Programa linier ini menggunakan model matematis untuk menjelaskan persoalan yang dihadapinya. Sifat linier disini memberi arti bahwa seluruh fungsi matematis dalam model ini merupakan fungsi yang linier, sedangkan kata “programa” merupakan sinonim untuk perencanaan. Dengan demikian, programa linier (LP) adalah perencanaan aktivitas-aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil yang mencapai tujuan terbaik di antara seluruh alternatif yang fisibel. (Dimiyati, 1992)

Sedangkan menurut Taha (1996) Linear Programming merupakan teknik matematik untuk mendapatkan alternatif penggunaan terbaik atas sumber-sumber organisasi. Kata sifat linear digunakan untuk menggambarkan hubungan antara dua atau lebih variabel, hubungan yang langsung dan proses proporsional, sedangkan kata program merupakan penggunaan teknik matematika tertentu untuk mendapatkan kemungkinan pemecahan terbaik atas persoalan yang melibatkan sumber yang serba terbatas.

Ada beberapa syarat-syarat utama pada persoalan linear programming dalam suatu industri, yaitu: (Taha, 1996)

1. Mempunyai tujuan untuk dicapai

Tujuan utama suatu industri misalkan kiat asumsikan maksimumkan keuntungan, sedangkan kita tahu keuntungan tidak berhubungan secara linear dengan volume penjualan, tetapi dari konsep akuntansi yang disebut total kontribusi di dapat:

$$\text{Total kontribusi} = (\text{Harga Jual/Unit} - \text{Biaya Variabel/Unit}) \times \text{Volume Penjualan}$$

Maka bila ada kata laba dalam istilah linear programming maka yang dimaksud adalah kontribusi.

2. Harus ada alternatif yang salah satu darinya mencapai tujuan

Sebagai contoh industri mebel mengalokasikan kapasitas industrinya untuk meja dan kursi dalam perbandingan 50:50, 70:30, 25:75, atau dalam angka perbandingan yang lain.

3. Sumber harus merupakan persediaan yang terbatas

Industri mebel diatas memiliki jumlah jam mesin yang terbatas, akibatnya semakin banyak waktu yang digunakan untuk membuat meja, akan semakin sedikit kursi yang dapat dibuat

Linear programming akan memberikan banyak sekali hasil pemecahan persoalan, sebagai alternatif pengambilan tindakan, akan tetapi hanya ada satu yang optimum (maksimum atau minimum), untuk pengambilan keputusan atau pengambilan alternatif yang terbaik. (Supranto, 1988)

2.5.2 Formulasi Model Linear Programming

Untuk membuat formulasi model LP, terdapat tiga langkah utama yang harus dilakukan, yaitu : (Mustafa dan Parkhan, 2000)

1. Tentukan variabel keputusan atau variabel yang ingin diketahui dan gambarkan dalam simbolik matematik.
2. Tentukan tujuan dan gambarkan dalam satu set fungsi linier dari variabel keputusan yang dapat terbentuk maksimum atau minimum.
3. Tentukan kendala dan gambarkan dalam bentuk persamaan linier atau ketidaksamaan linier dari variabel keputusan.

Perumusan model ini adalah kunci keberhasilan dalam menyelesaikan masalah dengan metode LP. Bahkan satu masalah dapat menghasilkan model yang berbeda apabila dilihat dari sudut pandang yang berbeda pula.

Dalam pembahasan model Linear programming digunakan simbol - simbol sebagai berikut :

m = macam batasan - batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.

N = macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut.

i = nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia [$i = 1,2,3, \dots, m$]

j = nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia [$j = 1,2, \dots, n$]

X_j = tingkat kegiatan ke j [$j = 1,2, \dots, n$]

a_{ij} = banyak sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran atau output kegiatan [$i = 1,2, \dots, m$ dan $j = 1,2, \dots, n$]

b_i = banyak sumber i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan [$i=1,2,\dots, m$]

Z = nilai yang dioptimalkan [maksimum atau minimum]

C_j = Kenaikan nilai Z apabila ada pertambahan tingkat kegiatan [X_j]

Dengan satu satuan (unit) atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan terhadap nilai Z . Keseluruhan simbol-simbol diatas selanjutnya disusun kedalam bentuk tabel standar LP seperti pada table dibawah ini: (Mustafa dan Parkhan, 2000)

Kegiatan Sumber	Pemakaian Sumber per Unit Kegiatan	Kapasitas Sumber
	1 2 3 ... n	
1	$a_{11} a_{12} a_{13} \dots a_{1n}$	b_1
2	$a_{21} a_{22} a_{23} \dots a_{2n}$	b_2
3	$a_{31} a_{32} a_{33} \dots a_{3n}$	b_3
.
.
.
m	$a_{m1} a_{m2} a_{m3} \dots a_{mn}$	b_m
Z pertambahan tiap unit tingkat kegiatan	$C_1 C_2 C_3 \dots C_n$ $X_1 X_2 X_3 \dots X_n$	

Tabel 2.1 Data untuk model Linear Programming

Atas dasar tabel diatas kemudian dapat disusun model matematis yang dapat digunakan untuk mengemukakan suatu permasalahan LP sebagai berikut:

– Fungsi Tujuan :

$$\text{Maksimum (Minimum) } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n$$

– Batasan - batasan :

$$1). a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 + \dots + a_{1n} X_n (\leq = \geq) b_1$$

$$2). a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + a_{23} X_3 + \dots + a_{2n} X_n (\leq = \geq) b_2$$

.

.

$$.m). a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + a_{m3} X_3 + \dots + a_{mn} X_n (\leq = \geq) b_m \text{ dimana}$$

$$X_1 X_2 \dots X_n (\geq) 0$$

2.5.3 Terminologi Model Linear Programming

Terminologi model LP dapat dinyatakan sebagai berikut: (Mustafa dan Parkhan, 2000)

1. Fungsi yang akan dimaksimumkan :

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

Disebut fungsi tujuan (*objective function*)

2. Fungsi-fungsi batasan dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu :
 - a. Fungsi batasan fungsional, yaitu fungsi-fungsi batasan sebanyak m yaitu $a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + a_{13}X_{13} + \dots + a_mX_n \leq 0$
 - b. Fungsi batasan non negative disebut sebagai non negative constrain yaitu fungsi batasan yang dinyatakan dengan $X_j \geq 0$
3. Variabel-variabel X_j disebut sebagai decision variables.
4. a_{ij} , b_i dan c_j yaitu masukan-masukan konstan disebut sebagai parameter model.

Masalah-masalah LP yang dapat mengikuti model diatas antara lain: (Mustafa dan Parkhan, 2000)

1. Masalah minimasi yaitu fungsi tujuan yang menggambarkan upaya untuk mendapatkan biaya seminimal mungkin. Dalam hal ini, fungsi tujuan dinyatakan sebagai berikut
minimumkan $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$
2. Masalah dengan fungsi batasan fungsional yang memiliki tanda matematis \geq , sehingga apabila dirumuskan terlihat sebagai berikut :
 $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{in}X_n \geq b_i$

3. Masalah dengan fungsi batasan fungsional yang memiliki tanda matematis $=$, sehingga bila dirumuskan sebagai berikut :

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + a_{i3}X_3 + \dots + a_{in}X_n = b_i$$
4. Masalah tertentu, dimana fungsi batasan non negative tidak diperlukan atau X_i tidak terbatas.

2.5.4 Asumsi-asumsi Linear Programming

Untuk menunjukkan masalah optimasi sebagai model linear programming, diperlukan beberapa asumsi yang terkandung dalam formulasi linear programming. Asumsi-asumsi tersebut adalah : (Mustafa dan Parkhan 2000)

1. *Proportionality.*

Asumsi ini berarti bahwa naik turunnya nilai Z dan penggunaan sumber atau fasilitas yang tersedia akan berubah secara sebanding (proportional) dengan perubahan tingkat kegiatan.

2. *Additivity.*

Asumsi ini berarti bahwa nilai tujuan tiap kegiatan tidak saling mempengaruhi atau dalam LP dianggap bahwa kenaikan dari nilai tujuan (Z) yang diakibatkan oleh kenaikan suatu kegiatan dapat ditambah tanpa mempengaruhi bagian nilai Z yang diperoleh dari kegiatan lain.

3. *Disibility.*

Asumsi ini menyatakan bahwa keluaran (output) yang dihasilkan oleh setiap kegiatan dapat berupa bilangan pecahan.

4. *Deterministic (certainty).*

Asumsi ini menyatakan bahwa semua parameter yang terdapat dalam model LP (a , b_j , c_j) dapat diperkirakan dengan pasti, meskipun jarang dengan tepat.

Penyelesaian tidak optimal terjadi apabila suatu masalah tidak mempunyai jawaban atau penyelesaian optimal. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1. Tidak ada penyelesaian layak
2. Ada batasan yang tidak membatasi besar nilai Z .

2.6 Metode Penyelesaian Linear Programming

2.6.1 Metode Grafis

Setelah formulasi model LP, langkah selanjutnya adalah metode untuk mendapatkan keputusan untuk mendapatkan keputusan terbaik. Metode grafik terbatas pada penyelesaian model yang memiliki dua variabel keputusan dengan langkah-langkah penggunaan sebagai berikut: (Dimiyanti, 1992)

1. Gambarkan semua kendala dan tentukan daerah kelayakan (feasible solution space), yaitu daerah yang diliputi oleh semua kendala. Dalam menggambarkan grafik, kendala yang bertanda lebih kecil sama dengan (\leq), arah grafik yang membentuk daerah fisibel adalah menuju titik nol (origin). Kendala berbentuk lebih besar sama dengan (\geq), arah grafik yang membentuk daerah feasible adalah menjauhi titik nol. Sedangkan kendala berbentuk sama dengan ($=$), daerah feasible adalah sepanjang garis lurus.

2. Gambarkan grafik tujuan
3. Tentukan feasible optimum dengan cara menggeser grafik tujuan kekanan atas hingga memotong salah satu atau lebih ekstrim yang terdapat dalam feasible area.

Metode ini digunakan apabila variabel model LP yang ada tidak melebihi dua variabel atau yang berdimensi $2 \times n$ atau $m \times 2$.

2.6.2 Metode Simplek

Metode simplek merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan model formulasi LP dengan cara iterasi tabel. (Dimiyanti, 1992). Metode simplek dapat digunakan untuk menyelesaikan model formulasi LP yang memiliki dua atau lebih variabel keputusan selain dengan menggunakan program Win QSB.

Penyelesaian model LP dengan metode simplek diperlukan perubahan model formulasi ke dalam bentuk standar dengan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Fungsi tujuan berbentuk maksimum. Jika menghadapi fungsi tujuan berbentuk minimum, dapat diubah ke dalam bentuk maksimum dengan cara mengalikan fungsi tujuan dengan minus satu (-1) contoh $Z_{min} = 20x + 10y$, diubah kedalam bentuk maksimum menjadi $-Z_{dmax} = -20x - 10y$.
2. Semua kendala berbentuk persamaan. Jika menghadapi kendala berbentuk lebih kecil sama dengan (\leq), dapat diubah ke dalam bentuk persamaan dengan cara menambahkan slack variabel yang bernilai satu. Contoh : $2x + 2y \leq 20$, diubah menjadi $2x + 2y + S_1 = 20$. Variabel S_1 menunjukkan

slack variabel. Jika menghadapi kendala berbentuk lebih besar dengan (\geq), dapat diubah ke dalam bentuk persamaan dengan cara mengurangkannya dengan surplus variabel yang bernilai minis satu. contoh : $2x \geq 8$, diubah menjadi : $2x - S_1 = 8$.

3. Nilai ruas kanan setiap kendala bertanda positif. Jika menghadapi kendala yang memiliki nilai ruas kanan bertanda negative, maka harus diubah menjadi positif dengan cara mengalikannya dengan minis satu. Contoh : $2x + 3y \leq -30$, diubah menjadi : $-2x - 3y \leq 30$.
4. Semua nilai variabel keputusan non-negatif.

Langkah-langkah metode simplek yaitu : (Dimiyanti, 1992)

1. Merubah fungsi tujuan dan fungsi kendala
fungsi tujuan dirubah menjadi bentuk implicit dengan jalan menggeser semua $C_i X_j$ kekiri. Fungsi kendala selain kendala non negative dirubah menjadi bentuk persamaan dengan menambahkan variabel slack, yaitu suatu variabel yang mewakili tingkat pengangguran, kapasitas yang merupakan batasan.
2. Mentabulasikan persamaan-persamaan yang diperoleh pada langkah 1.

Table 2.2 Bentuk Umum Table Simplek Awal

BASIS	Z	X_1	X_2	X_n	S_1	S_2	S_n	SOLUSI
Z	0	$-C_1$	$-C_2$		$-C_n$	0	0		0	0
S_1	0	a_{11}	a_{12}		a_{1n}	1	0		0	b_1
S_2	0	a_{21}	a_{22}		a_{2n}	0	1		0	b_2
.										
.										
SM	0	a_{m1}	a_{m1}		a_m	0	0		1	b_m

Kolom basis menunjukkan variabel yang sedang menjadi basis yaitu S_1, S_2, \dots, S_n yang nilainya ditunjukkan oleh kolom solusi. Secara tidak langsung ini menunjukkan bahwa variabel non basis X_1, X_2, \dots, X_n (yang tidak ditunjukkan pada kolom basis) sama dengan nol. Hal ini bisa dimengerti, karena belum ada kegiatan berarti X_1, X_2, \dots, X_n masing-masing nilainya 0. Sedangkan kapasitas masih mengganggu yang akan ditunjukkan oleh nilai S_1, S_2, \dots, S_n .

3. Menentukan entering variabel

Untuk persoalan dengan fungsi maksimasi, nilai Z dapat diperbaiki dengan meningkatkan nilai X_1, X_2, \dots, X_n pada persamaan Z menjadi tidak negative. Untuk itu pilihlah kolom pada baris fungsi tujuan (termasuk kolom slack) yang mempunyai nilai negative angka terbesar, gunakan kolom ini sebagai entering variabel. Jika ditemukan lebih dari satu nilai negative angka terbesar pilihlah salah satu, sebaliknya jika tidak ditemukan nilai negative berarti solusi sudah optimal. Sebaliknya untuk kasus minimasi, pilihlah kolom pada baris fungsi tujuan yang nilainya positif terbesar. Jika tidak ditemukan nilai positif berarti solusi telah optimal.

4. Menentukan leaving variabel

Leaving variabel dipilih dari rasio yang nilainya positif terkecil. Rasio diperoleh dengan cara membagi nilai solusi dengan koefisien pada entering variabel yang sebaris :

$$\text{rasio} = \frac{\text{nilai solusi}}{\text{koefisien kolom entering}}$$

Jika tidak ada elemen yang nilainya positif dalam kolom kunci (kolom entering variabel) ini, maka persoalan tidak memiliki pemecahan. Kolom pada entering variabel dinamakan entering kolom, dan baris yang berhubungan dengan leaving variabel dinamakan persamaan pivot. Elemen pada perpotongan entering kolom dan persamaan elemen pivot.

5. Menentukan persamaan pivot baru

Persamaan pivot baru = persamaan pivot lama : elemen pivot.

6. Tentukan persamaan-persamaan baru selain persamaan pivot baru.

Persamaan = (persamaan lama) – (koefisien kolom entering x persamaan pivot baru).

7. Lanjutkan perbaikan-perbaikan.

Lakukan langkah perbaikan dengan cara mengulang langkah 3 sampai langkah 6 hingga diperoleh hasil optimal. Apabila suatu masalah LP melibatkan lebih dari dua kegiatan maka metode grafik tidak dapat digunakan dalam menentukan kombinasi optimal, untuk itu digunakan metode simplek. (Mustafa dan Parkhan, 2000).

2.7 Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas bertujuan untuk menghindari perhitungan-perhitungan ulang, bila terjadi perubahan satu atau beberapa koefisien model LP pada saat penyelesaian optimal telah tercapai.

Pada dasarnya perubahan-perubahan yang mungkin terjadi setelah tercapainya penyelesaian optimal terdiri dari beberapa macam, yakni : (Mustafa dan Parkhan, 2000)

1. Keterbatasan kapasitas sumber (nilai kanan fungsi-fungsi batasan).
2. Koefisien-koefisien fungsi tujuan.
3. Koefisien-koefisien teknis fungsi-fungsi batasan tertentu koefisien-koefisien menunjukkan beberapa bagian kapasitas sumber yang dikonsumsi oleh satu satuan kegiatan.
4. Penambahan variable-variable baru.
5. Penambahan batasan baru.

Secara umum, perubahan-perubahan tersebut diatas akan mengakibatkan salah satu diantara :

1. Penyelesaian optimal tidak berubah, artinya baik variable-variable dasar maupun nilai-nilainya tidak mengalami perubahan.
2. Variable-variable dasar mengalami perubahan, tetapi nilai-nilainya tidak berubah.
3. Penyelesaian optimal sama sekali tidak berubah.
4. Tujuan dan segenap keterbatasannya harus dapat dinyatakan sebagai persamaan atau ketidaksamaan matematika dan harus ada kesamaan atau ketidaksamaan linear.

Pada dasarnya, metode-metode yang dikembangkan untuk memecahkan masalah linear programming ditunjukkan untuk mencari solusi dari beberapa alternatif solusi yang dibentuk oleh persamaan-persamaan pembatas sehingga diperoleh nilai fungsi tujuan yang optimum.

Salah satu asumsi LP yang bersifat deterministik, sehingga solusi optimal yang diperoleh didasarkan atas nilai yang sudah diketahui dengan pasti. Dalam

kenyataan nilai-nilai tersebut (baik C_j , a_{ij} maupun b_i) jarang diketahui dengan pasti, karena beberapa nilai merupakan fungsi beberapa parameter yang tidak dapat dikendalikan. Setiap perubahan nilai input (data) akan mengubah masalah LP yang dapat mempengaruhi solusi optimal. Untuk mengembangkan suatu strategi yang dapat memenuhi berbagai ketidakpastian tersebut perlu dipelajari bagaimana solusi optimal akan berubah sehubungan dengan perubahan nilai input (data). Hal ini dikenal dengan analisis sensitifitas.

Perubahan (ketidakpastian) yang mungkin dihadapi pada analisa sensitifitas adalah :

1. perubahan koefisien fungsi tujuan
2. perubahan konstanta ruas kanan
3. perubahan fungsi pembatas.

Pada kasus dengan dimensi $n \times 2$ dapat diselesaikan dengan grafis, sedang kasus dengan dimensi $m \times n$ dapat diselesaikan dengan metode simplek.

2.7.1 Analisis Sensitivitas dengan Grafis

Perubahan yang mungkin dihadapi pada analisis sensitifitas adalah:

1. Perubahan koefisien fungsi tujuan

Perubahan koefisien fungsi tujuan dapat terjadi Karena perubahan keuntungan atau ongkos suatu kegiatan. Misal, diinginkan untuk menentukan pengaruh perubahan keuntungan per unit produk I (C_1). Pada suatu kasus dimana produk I menguntungkan untuk diproduksi, jika C_1 turun dibawah nilai tertentu, maka dapat menyebabkan produk I yang akan

diproduksi menjadi berkurang atau bahkan tidak menguntungkan untuk diproduksi.

Pada kasus lain bisa jadi produk I menjadi menguntungkan untuk diproduksi karena keuntungan per unit (C_1 nya) rendah. Jika C_1 turun dapat dipastikan tidak akan berpengaruh terhadap solusi optimal yang ada, tetapi jika C_1 naik melebihi nilai tertentu maka produk I menjadi menguntungkan untuk diproduksi.

2. Perubahan konstanta ruas kanan

Perubahan konstanta ruas kanan dapat terjadi karena adanya perubahan pada kapasitas sumber daya yang dapat digunakan. Perubahan kapasitas sumber daya dapat terjadi pada sumber daya longgar (loose) maupun sumber daya ketat (tight).

Apabila sumber daya merupakan sumber daya yang longgar maka penambahan kapasitas sumber daya tersebut tidak akan mempengaruhi keputusan optimal dan jika turun dibawah nilai tertentu maka akan mempengaruhi keputusan optimal. Sebaliknya pada sumber daya yang ketat, perubahan kapasitas (baik penambahan maupun pengurangan) akan mempengaruhi keputusan optimal. Oleh karena itu diperlukan suatu strategi untuk menentukan seberapa besar batas atas dan batas bawah kapasitas masing-masing sumber daya dan bagaimana menentukan prioritas sumber daya yang sebaiknya ditambah atau dikurangi.

Untuk menentukan sumber daya yang mana diprioritaskan untuk ditambah/dikurangi digunakan konsep shadow price. Shadow price

mencerminkan perubahan netto nilai optimum karena perubahan satu unit sumber daya. Prioritas sumber daya yang akan ditambah adalah sumber daya yang memiliki pengaruh terhadap Z yang besar dan sumber daya yang akan dikurangi adalah sumber daya yang memiliki pengaruh terhadap Z yang kecil apabila fungsi tujuannya maksimasi.

3. Perubahan fungsi pembatas

Perubahan fungsi pembatas meliputi penambahan batasan baru dan penambahan variabel baru. Penambahan batasan baru akan mempengaruhi penyelesaian optimal, apabila pembatas baru tersebut tidak akan mempengaruhi penyelesaian optimal, apabila batasan baru tersebut digambarkan dalam grafik berada diluar daerah fisibel.

2.7.2 Analisis Sensitivitas dengan Metode Simplek

Perubahan yang mungkin dihadapi pada analisis sensitifitas adalah (Mustafa dan Parkhan, 2000)

1. Perubahan koefisien fungsi tujuan

Perubahan koefisien fungsi tujuan dapat dibedakan menjadi

a. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel basis

Untuk menentukan range perubahan koefisien fungsi tujuan variabel basis, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\hat{C}_j = C_B - \hat{Y}_j - C_j$$

C_B = koefisien fungsi tujuan variabel basis pada optimal

\hat{C}_j = menunjukkan nilai baru atau nilai pada table optimal

syarat table optimal tetap optimal jika $C_j \geq 0$.

Untuk mengetahui perubahan pada table optimal sehubungan dengan perubahan fungsi tujuan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\pi = C_B \cdot B^{-1}$$

C_B = koefisien fungsi tujuan variabel basis

B^{-1} = matrik dibawah variabel basis awal pada table optimal

b. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel non basis

Perubahan ini ditunjukkan dari suatu kasus dimana variabel keputusan non basis adalah X_3 , artinya X_3 tidak diproduksi karena tidak cukup ekonomis dengan keuntungan sebesar 10. apabila C_3 diturunkan berapapun, X_3 tetap tidak ekonomis untuk diproduksi, yang berarti batas bawah $C_3 = -\infty$. Sebaliknya jika C_3 dinaikkan sampai jumlah tertentu, ada kemungkinan X_3 cukup ekonomis untuk diproduksi. Batas atas C_3 adalah $\hat{C}_3 = C_B - \hat{Y}_3 - C_3$

2. Perubahan konstanta ruas kanan

Pengaruh perubahan konstanta ruas kanan terhadap tabel optimasi dapat ditentukan dengan menyelidiki perubahan konstanta ruas kanan yang baru

pada table optimasi, atau dirumuskan sebagai : $\hat{b}_1 = B^{-1} \cdot b_1$

\hat{b}_1 = menunjukkan nilai baru atau nilai pada table optimal.

Table optimal tetap optimal jika $\hat{b}_1 \geq 0$

Shadow price.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan nilai ruas kanan (b_1) selama masih dalam range terhadap nilai Z dapat ditentukan berdasarkan konsep shadow price.

3. Perubahan fungsi pembatas

Perubahan fungsi pembatas meliputi dua hal yaitu :

a. Penambahan batasan baru

Penambahan batasan baru terjadi karena perubahan sifat sumber daya yang semula tidak terbatas jumlahnya. Penambahan batasan baru akan mempengaruhi solusi optimal apabila sifat aktif dan sebaliknya tidak mempengaruhi solusi optimal jika sifatnya pasif.

Untuk itu perlu diperiksa apakah batasan baru tersebut melanggar solusi optimal (aktif) atau melanggar solusi optimal (pasif).

b. Penambahan variabel baru

Penambahan variabel baru adalah penambahan kegiatan baru yang menggunakan sumber daya yang sama. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan variabel baru terhadap solusi optimal dapat dilakukan dengan menyelidiki selisih ruas kiri dengan ruas kanan pembatas dual yang baru. Jika selisihnya berharga positif maka penambahan variabel baru tersebut tidak mempengaruhi solusi optimal dan jika berharga negatif akan mempengaruhi solusi optimal.

