

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 . Sistem Produksi

2.1.1. Definisi Sistem Produksi

Sistem adalah sebagai rangkaian dari beberapa elemen yang saling berhubungan dan menunjang antara satu dengan yang lain untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Dari definisi diatas dapat disimpulkan bahwa sistem produksi adalah merupakan suatu gabungan dari beberapa unit atau elemen yang saling berhubungan dan saling menunjang untuk melaksanakan proses produksi dalam suatu perusahaan tertentu.

Sedangkan proses produksi adalah cara, metode maupun teknik-teknik untuk pelaksanaan hal tertentu dalam hal ini pelaksanaan penambahan manfaat dari suatu barang.

2.1.2. Sistem Produksi Dalam Perusahaan

Sistem produksi dalam perusahaan terdiri atas beberapa sub sistem, antara lain :

a. **Produk yang dapat diproduksi**

Berisi rencana produk yang akan diproduksi oleh perusahaan tersebut, bila lokasi pabrik tidak dapat mendukung kegiatan produksi akan menghambat perkembangan perusahaan dimasa yang akan datang.

b. Lokasi Pabrik

Lokasi produksi harus dapat mendukung fungsi pelaksanaan kegiatan produksi. Bila lokasi pabrik tidak dapat mendukung kegiatan produksi akan menghambat perusahaan dimasa yang akan datang.

c. Letak Fasilitas Produksi

Letak fasilitas produksi akan mempengaruhi secara langsung terhadap produktifitas perusahaan. Susunan mesin dan peralatan produksi diusahakan menunjang pelaksanaan proses produksi dengan baik.

d. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja akan mempengaruhi produktifitas karyawan. Lingkungan kerja terdiri dari Karyawan, Kondisi kerja karyawan dan Hubungan karyawan dalam perusahaan yang bersangkutan.

e. Standar Produksi Yang Berlaku

Standar produksi memegang peranan yang penting karena akan mempermudah karyawan untuk melaksanakan operasi perusahaan dan pemasaran.

2.1.3. Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Perencanaan dan pengendalian produksi merupakan salah satu fungsi yang terpenting dalam usaha mencapai tujuan perusahaan. Yang dimaksud dengan perencanaan dan pengendalian produksi yaitu

merencanakan kegiatan-kegiatan produksi, agar apa yang telah direncanakan dapat terlaksana dengan baik. Perencanaan produksi adalah aktivitas untuk menetapkan produk yang diproduksi, jumlah yang dibutuhkan, kapan produk tersebut harus selesai dan sumber-sumber yang dibutuhkan. Pengendalian produksi adalah aktivitas yang menetapkan kemampuan sumber-sumber yang digunakan dalam memenuhi rencana, kemampuan produksi berjalan sesuai rencana, melakukan perbaikan rencana. Tujuan utamanya adalah memaksimalkan pelayanan bagi konsumen, meminimumkan investasi pada persediaan, perencanaan kapasitas, pengesahan produksi dan pengesahan pengendalian produksi, persediaan dan kapasitas, penyimpanan dan pergerakan material, peralatan, routing dan proses planning, dan sebagainya.

a. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi :

- 1) Mengusahakan agar perusahaan dapat memproduksi secara efisien dan efektif.
- 2) Mengusahakan agar perusahaan dapat menggunakan modal seoptimal mungkin.
- 3) Mengusahakan agar pabrik dapat menguasai pasar yang luas.
- 4) Untuk dapat memperoleh keuntungan yang cukup bagi perusahaan.

b. Fungsi perencanaan dan pengendalian produksi :

- 1) Meramalkan permintaan produk yang dinyatakan dalam jumlah produk sebagai fungsi dari waktu.
- 2) Memonitor permintaan yang aktual, membandingkannya dengan ramalan permintaan sebelumnya dan melakukan revisi atas ramalan tersebut jika terjadi penyimpangan.
- 3) Menetapkan ukuran pemesanan barang yang ekonomis atas bahan baku yang akan dibeli.
- 4) Menetapkan sistem persediaan yang ekonomis.
- 5) Menetapkan kebutuhan produksi dan tingkat persediaan pada saat tertentu.
- 6) Memonitor tingkat persediaan, membandingkannya dengan rencana persediaan, dan melakukan revisi rencana produksi pada saat yang ditentukan.
- 7) Membuat jadwal produksi, penugasan, serta pembebanan mesin dan tenaga kerja yang terperinci.

c. Tingkatan Perencanaan dan Pengendalian Produksi :

Sistem pengendalian dan perencanaan produksi terbagi ke dalam tiga tingkatan :

- 1) Perencanaan jangka panjang (long range planning) : meliputi kegiatan peramalan usaha, perencanaan jumlah produk dan

penjualan, perencanaan produksi, perencanaan kebutuhan bahan, dan perencanaan finansial.

- 2) Perencanaan jangka menengah (medium range planning) : meliputi kegiatan berupa perencanaan kebutuhan kapasitas (capacity requirement planning), perencanaan kebutuhan material (material requirement planning), jadwal induk produksi (master production schedule), dan perencanaan kebutuhan distribusi (distribution requirement planning).
- 3) Perencanaan jangka pendek (short range planning) : berupa kegiatan penjadwalan perakitan produk akhir (final assembly schedule), perencanaan dan pengendalian input-output, pengendalian kegiatan produksi, perencanaan dan pengendalian purchase, dan manajemen proyek.

d. Kegiatan perencanaan dan pengendalian produksi :

- 1) Peramalan kuantitas permintaan
- 2) Perencanaan pembelian/pengadaan: jenis, jumlah, dan waktu
- 3) Perencanaan persediaan (inventory): jenis, jumlah, dan waktu
- 4) Perencanaan kapasitas: tenaga kerja, mesin, fasilitas
- 5) Penjadwalan produksi dan tenaga kerja
- 6) Penjaminan kualitas
- 7) Monitoring aktivitas produksi
- 8) Pengendalian produksi

9) Pelaporan dan pendataan

2.2. Peramalan (Forecasting)

2.2.1. Konsep Dasar Peramalan

Peramalan merupakan bagian awal dari suatu proses pengambilan suatu keputusan. Sebelum melakukan peramalan harus diketahui terlebih dahulu apa sebenarnya persoalan dalam pengambilan keputusan itu. Peramalan adalah pemikiran terhadap suatu besaran, misalnya permintaan terhadap satu atau beberapa produk pada periode yang akan datang. Pada hakekatnya peramalan hanya merupakan suatu perkiraan (guess), tetapi dengan menggunakan teknik-teknik tertentu, maka peramalan menjadi lebih sekedar perkiraan. Peramalan dapat dikatakan perkiraan yang ilmiah (educated guess). Setiap pengambilan keputusan yang menyangkut keadaan di masa yang akan datang, maka pasti ada peramalan yang melandasi pengambilan keputusan tersebut.

Dalam kegiatan produksi, peramalan dilakukan untuk menentukan jumlah permintaan terhadap suatu produk dan merupakan langkah awal dari proses perencanaan dan pengendalian produksi. Dalam peramalan ditetapkan jenis produk apa yang diperlukan (what), jumlahnya (how many), dan kapan dibutuhkan (when). Tujuan peramalan dalam kegiatan produksi adalah untuk meredam ketidakpastian, sehingga diperoleh suatu perkiraan yang mendekati keadaan yang sebenarnya. Suatu perusahaan biasanya menggunakan prosedur tiga tahap untuk sampai pada

peramalan penjualan, yaitu diawali dengan melakukan peramalan lingkungan, diikuti dengan peramalan penjualan industri, dan diakhiri dengan peramalan penjualan perusahaan.

Peramalan lingkungan dilakukan untuk meramalkan inflasi, pengangguran, tingkat suku bunga, kecenderungan konsumsi dan menabung, iklim investasi, belanja pemerintah, ekspor, dan berbagai ukuran lingkungan yang penting bagi perusahaan. Hasil akhirnya adalah proyeksi Produk Nasional Bruto, yang digunakan bersama indikator lingkungan lainnya untuk meramalkan penjualan industri. Kemudian, perusahaan melakukan peramalan penjualan dengan asumsi tingkat pangsa tertentu akan tercapai.

2.2.2. Tujuan Peramalan

Tujuan peramalan dilihat dengan waktu :

- a. Jangka pendek (Short Term) : Menentukan kuantitas dan waktu dari item dijadikan produksi. Biasanya bersifat harian ataupun mingguan dan ditentukan oleh Low Management.
- b. Jangka Menengah (Medium Term) : Menentukan kuantitas dan waktu dari kapasitas produksi. Biasanya bersifat bulanan ataupun kuartal dan ditentukan oleh Middle Management.
- c. Jangka Panjang (Long Term) : Merencanakan kuantitas dan waktu dari fasilitas produksi. Biasanya bersifat tahunan, 5 tahun, 10 tahun, ataupun 20 tahun dan ditentukan oleh Top Management

2.2.3. Karakteristik Peramalan

Peramalan yang baik mempunyai beberapa kriteria yang penting, antara lain akurasi, biaya, dan kemudahan. Penjelasan dari kriteria-kriteria tersebut adalah sebagai berikut :

1. Akurasi.

Akurasi dari suatu hasil peramalan diukur dengan hasil kebiasaan dan kekonsistensian peramalan tersebut. Hasil peramalan dikatakan bias bila peramalan tersebut bila terlalu tinggi atau rendah dibandingkan dengan kenyataan yang sebenarnya terjadi. Hasil peramalan dikatakan konsisten bila besarnya kesalahan peramalan relatif kecil. Peramalan yang terlalu rendah akan mengakibatkan kekurangan persediaan, sehingga permintaan konsumen tidak dapat dipenuhi segera akibatnya perusahaan dimungkinkan kehilangan pelanggan dan kehilangan keuntungan penjualan. Peramalan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya penumpukan persediaan, sehingga banyak modal yang terserap sia – sia. Keakuratan dari hasil peramalan ini berperan penting dalam menyeimbangkan persediaan yang ideal.

2. Biaya.

Biaya yang diperlukan dalam pembuatan suatu peramalan adalah tergantung dari jumlah item yang diramalkan, lamanya periode peramalan, dan metode peramalan yang dipakai. Ketiga faktor pemicu biaya tersebut akan mempengaruhi berapa banyak data yang dibutuhkan, bagaimana pengolahan datanya (manual atau komputerisasi), bagaimana

penyimpanan datanya dan siapa tenaga ahli yang diperbantukan. Pemilihan metode peramalan harus disesuaikan dengan dana yang tersedia dan tingkat akurasi yang ingin didapat, misalnya item-item yang penting akan diramalkan dengan metode yang sederhana dan murah. Prinsip ini merupakan adopsi dari hukum Pareto (Analisa ABC).

3. Kemudahan

Penggunaan metode peramalan yang sederhana, mudah dibuat, dan mudah diaplikasikan akan memberikan keuntungan bagi perusahaan. Adalah percuma memakai metode yang canggih, tetapi tidak dapat diaplikasikan pada sistem perusahaan karena keterbatasan dana, sumber daya manusia, maupun peralatan teknologi.

2.2.4. Sifat Hasil Peramalan.

Dalam membuat peramalan atau menerapkan suatu peramalan maka ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan yaitu :

- a. Ramalan pasti mengandung kesalahan, artinya peramal hanya bisa mengurangi ketidakpastian yang akan terjadi, tetapi tidak dapat menghilangkan ketidakpastian tersebut.
- b. Peramalan seharusnya memberikan informasi tentang beberapa ukuran kesalahan, artinya karena peramalan pasti mengandung kesalahan, maka adalah penting bagi peramal untuk menginformasikan seberapa besar kesalahan yang mungkin terjadi.

- c. Peramalan jangka pendek lebih akurat dibandingkan peramalan jangka panjang. Hal ini disebabkan karena pada peramalan jangka pendek, faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan relatif masih konstan sedangkan masih panjang periode peramalan, maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya perubahan faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan.

2.2.5. Metode Peramalan.

2.2.5.1. Metode Peramalan Kualitatif (Judgement Methode)

Peramalan kualitatif umumnya bersifat subjektif, dipengaruhi oleh intuisi, emosi, pendidikan, dan pengalaman seseorang. Oleh karena itu, hasil peramalan dari satu orang dengan orang yang lain dapat berbeda. Meskipun demikian, peramalan dengan metode kualitatif tidak berarti hanya menggunakan intuisi, tetapi juga bisa mengikutsertakan model – model statistik sebagai bahan masukan dalam melakukan judgement (keputusan), dan dapat dilakukan secara perseorangan maupun kelompok.

Beberapa metode peramalan yang digolongkan sebagai model kualitatif adalah sebagai berikut :

1. **Metode Delphi**, Sekelompok pakar mengisi kuesioner, Moderator menyimpulkan hasilnya dan memformulasikan menjadi suatu kuesioner baru yang diisi kembali oleh kelompok tersebut, demikian seterusnya. Hal ini merupakan proses pembelajaran (learning process)

dari kelompok tanpa adanya tekanan atau intimidasi individu. Metode ini dikembangkan pertama kali oleh Rand Corporation pada tahun 1950 – an. Adapun tahapan yang dilakukan adalah:

- a. Tentukan beberapa pakar sebagai partisipan. Sebaiknya bervariasi dengan latar belakang disiplin ilmu yang berbeda.
- b. Melalui kuesioner (atau e – mail), diperoleh peramalan dari seluruh partisipan.
- c. Simpulkan hasilnya, kemudian distribusikan kembali kepada seluruh partisipan dengan pertanyaan yang baru.
- d. Simpulkan kembali revisi peramalan dan kondisi, kemudian dikembangkan dengan pertanyaan yang baru.
- e. Apabila diperlukan, ulangi tahap 4. Seluruh hasil akhir didistribusikan kepada seluruh partisipan.

2. **Dugaan manajemen (management estimate)** atau Panel Consensus, dimana peramalan semata-mata berdasarkan pertimbangan manajemen, umumnya oleh manajemen senior. Metode ini akan cocok dalam situasi yang sangat sensitif terhadap intuisi dari suatu atau sekelompok kecil orang yang karena pengalamannya mampu memberikan opini yang kritis dan relevan. Teknik akan dipergunakan dalam situasi dimana tidak ada situasi dimana tidak ada alternatif lain dari model peramalan yang dapat diterapkan.

Bagaimanapun metode ini mempunyai banyak keterbatasan, sehingga perlu dikombinasikan dengan metode peramalan yang lain.

3. **Riset Pasar (market research)**, merupakan metode peramalan berdasarkan hasil – hasil dari survei pasar yang dilakukan oleh tenaga-tenaga pemasar produk atau yang mewakilinya. Metode ini akan menjaring informasi dari planggan atau pelanggan potensbial (konsumen) berkaitan dengan rencana pembelian mereka dimasa mendatang. Riset pasar tidak hanya akan membantu peramalan, tetapi juga untuk meningkatkan desain produk dan perencanaan untuk produk-produk baru.
4. **Metode kelompok terstruktur (structured group methods)**, seperti metode Delphi, dan lain lain. Metode Delphi merupakan teknik peramalan berdasarkan pada proses konvergensi dari opini beberapa orang atau ahli secara interaktif tanpa menyebutkan identitasnya. Grup ini tidak bertemu secara bersama dalam suatu forum untuk berdiskusi, tetapi mereka diminta pendapatnya secara terpisah dan tidak boleh secara berunding. Hal ini dilakukan untuk menghindari pendapat yang bias karena pengaruh kelompok. Pendapat yang berbeda secara signifikan dari ahli yang lain dalam grup tersebut akan dinyatakan lagi kepada yang bersangkutan, sehingga akhirnya diperoleh angka estimasi pada interval tertentu yang dapat diterima. Metode Delphi ini dipakai dalam peramalan teknologi yang sudah digunakan pada pengoperasian jangka panjang selain itu, metode ini juga bermanfaat

dalam pengembangan produk baru, pengembangan kapasitas produksi, penerobosan ke segmen pasar baru dan strategi keputusan bisnis lainnya.

5. **Analogi historis (Historical Analogy)**, merupakan teknik peramalan berdasarkan pola data masa lalu dari produk-produk yang dapat disamakan secara Analogi. Misalnya peramalan untuk pengembangan pasar televisi multi sistem menggunakan model permintaan televisi hitam putih atau televisi berwarna biasa. Analogi historis cenderung akan menjadi terbaik untuk penggantian produk di pasar dan apabila terdapat hubungan substitusi langsung dari produk dalam pasar itu.

2.2.5.2. Metode Peramalan Kuantitatif (Statistical Method)

Pada dasarnya metoda peramalan kuantitatif ini dapat dibedakan atas dua bagian, yaitu :

1. Metoda peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu, yang merupakan deret waktu atau "time – series".
2. Metoda peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel lain yang mempengaruhinya, yang bukan waktu yang disebut metode korelasi atau sebab akibat (causal method).

Metode Time Series.

Metode time series adalah metode yang dipergunakan untuk menganalisis serangkaian data yang merupakan fungsi dari waktu. Metode ini mengasumsikan beberapa pola atau kombinasi pola selalu berulang sepanjang waktu, dan pola dasarnya dapat diidentifikasi semata-mata atas dasar data historis dari serial itu. Dengan analisis deret waktu dapat ditunjukkan bagaimana permintaan terhadap suatu produk tertentu bervariasi terhadap waktu. Sifat dari perubahan permintaan dari tahun ke tahun dirumuskan untuk meramalkan penjualan pada masa yang akan datang.

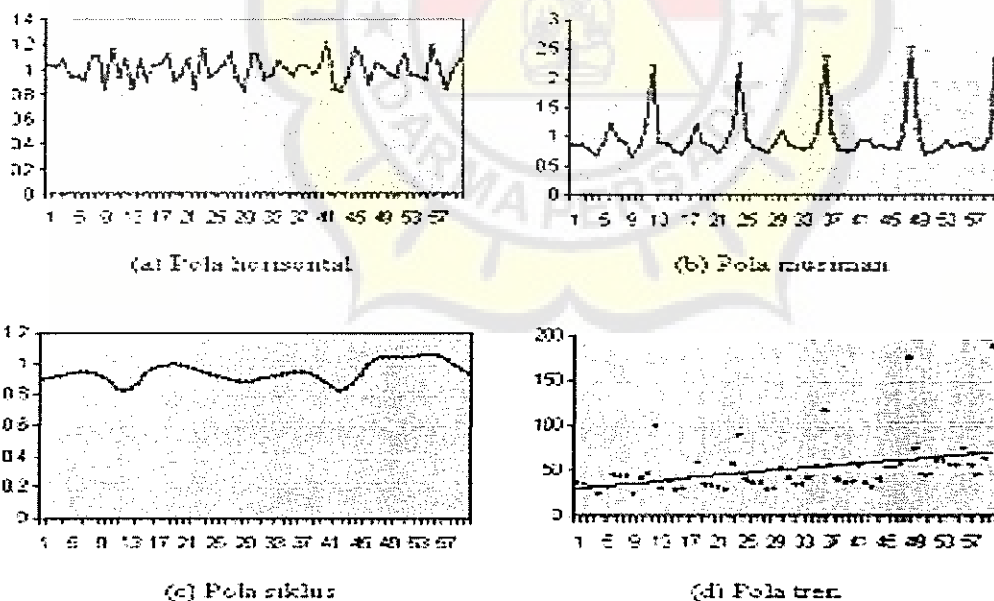
Ada empat komponen utama yang mempengaruhi analisis ini, yaitu :

1. Pola Siklis (Cycle) : Penjualan produk dapat memiliki siklus yang berulang secara periodik. Banyak produk dipengaruhi pola pergerakan aktivitas ekonomi yang terkadang memiliki kecenderungan periodik. Komponen siklis ini sangat berguna dalam peramalan jangka menengah. Pola data ini terjadi bila data memiliki kecenderungan untuk naik atau turun terus-menerus.
2. Pola Musiman (Seasonal) : Perkataan musim menggambarkan pola penjualan yang berulang setiap periode. Komponen musim dapat dijabarkan ke dalam faktor cuaca, libur, atau kecenderungan perdagangan. Pola musiman berguna dalam meramalkan penjualan dalam jangka pendek. Pola data ini terjadi bila nilai data sangat

dipengaruhi oleh musim, misalnya permintaan bahan baku jagung untuk makanan ternak ayam pada pabrik pakan ternak selama satu tahun. Selama musim panen harga jagung akan menjadi turun karena jumlah jagung yang dibutuhkan tersedia dalam jumlah yang besar.

3. Pola Horizontal : Pola data ini terjadi apabila nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata.
4. Pola Trend : Pola data ini terjadi bila data memiliki kecenderungan untuk naik atau turun terus menerus. Dalam meramalkan biaya-biaya yang termasuk di dalam biaya operasi dipergunakan Pola Trend karena biaya tersebut cenderung naik jika mesin/peralatan semakin tua atau semakin lama jangka waktu pemakaiannya.

Berikut jenis-jenis pola data (Adler Haymans M., 1999, 4):



Gambar 2.1. Jenis-Jenis Pola Data

Ada beberapa trend yang digunakan didalam penyelesaian masalah ini, yaitu :

1. Trend Linier

Sering kali data deret waktu jika digambarkan ke dalam plot mendekati garis lurus. Deret waktu seperti inilah yang termasuk dalam trend linier. Persamaan trend linier adalah sebagai berikut:

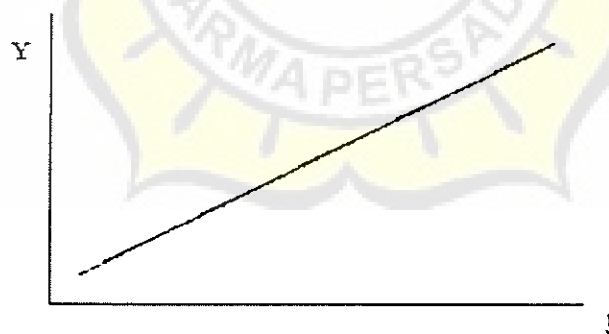
$$Y_t = a + b.t \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dengan nilai a dan b diperoleh dari formula:

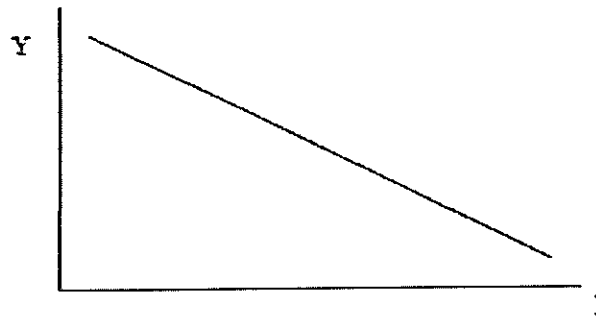
$$a = \frac{\sum Y}{n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$b = \frac{\sum tY}{t^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana Y_t menunjukkan nilai taksiran Y pada nilai t tertentu. Sedangkan a adalah nilai *intercept* dari Y , artinya nilai Y_t akan sama dengan a jika nilai $t = 0$. Kemudian b adalah nilai *slope*, artinya besar kenaikan nilai Y_t pada setiap nilai t . Dan nilai t sendiri adalah nilai tertentu yang menunjukkan periode waktu dengan persamaan $Y_t = a + b.t$.



Gambar 2.2 Trend Linier Positif

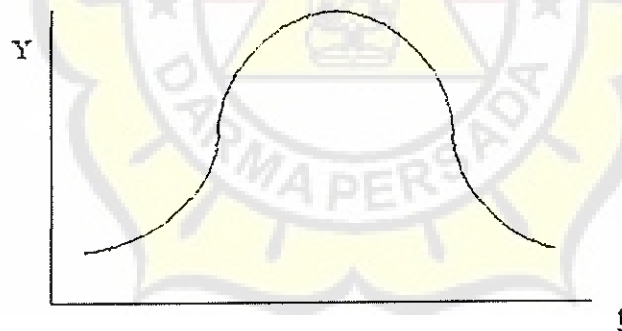


Gambar 2.3 Trend Linier Negatif

Dengan persamaan Trend Linier Negatif : $Y_t = -a + b.t$

2. Trend Kuadratik

Jika trend linier merupakan deret waktu yang berupa garis lurus, maka trend kuadratik merupakan deret waktu dengan data berupa garis parabola.



Gambar 2.4 Trend Kuadratik

Persamaan untuk trend kuadratik adalah:

$$Y_t = a + bt + ct^2 \dots\dots\dots (1)$$

Dengan nilai a , b , dan c diperoleh dari:

$$a = \frac{\sum Y - c \sum t^2}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$b = \frac{\sum tY}{\sum t^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$c = \frac{n \sum t^2 Y - \sum t^2 \sum Y}{n \sum t^4 - (\sum t^2)^2} \dots\dots\dots (4)$$

3. Trend Eksponensial

Untuk mengukur sebuah deret waktu yang mengalami kenaikan atau penurunan yang cepat maka digunakan metode trend eksponensial.

Dalam metode ini digunakan persamaan:

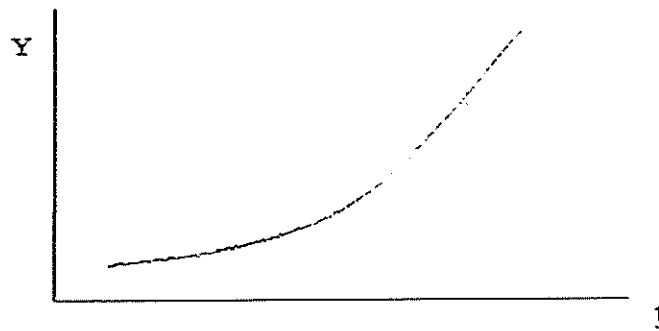
$$Y_t = a \cdot b^t \dots\dots\dots (1)$$

Tetapi dalam melakukan perhitungannya, persamaan di atas dapat diubah ke dalam bentuk semi log, sehingga memudahkan untuk mencari nilai a dan b .

$$\log Y = \log a + \log b \dots\dots\dots (2)$$

$$a = \text{anti log} \left[\frac{\sum \log Y}{n} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$b = \text{anti log} \left[\frac{\sum t \log Y}{\sum t^2} \right] \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 2.5 Trend Eksponensial

Dengan persamaan garis $Y_t = a \cdot b^t$

Metode Penghalusan (Smoothing).

Metode smoothing digunakan untuk mengurangi ketidakteraturan musiman dari data yang lalu, dengan membuat rata – rata tertimbang dari sederetan data masa lalu. Ketepatan peramalan dengan metode ini akan terdapat pada peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang kurang akurat.

Metode smoothing terdiri dari beberapa jenis, antara lain :

1. Metode Rata-rata Bergerak (Moving Average) :

- Single Moving Average (SMA)

Moving average pada suatu periode merupakan peramalan untuk satu periode ke depan dari periode rata – rata tersebut. Persoalan yang timbul dalam penggunaan metode ini adalah dalam menentukan nilai t (periode perata – rata). Semakin besar nilai t maka peramalan yang dihasilkan akan semakin menjauhi pola data.

Secara matematis, rumus fungsi peramalan metode ini adalah :

$$F_{t+1} = \frac{X_{t-N+1} + \dots + X_{t+1} + X_t}{N}$$

dimana :

X_i = data pengamatan periode i

N = jumlah deret waktu yang digunakan

F_{t+1} = nilai peramalan periode $t+1$

- Linier Moving Average (LMA)

Dasar dari metode ini adalah penggunaan moving average kedua untuk memperoleh penyesuaian bentuk pola trend. Metode Linier moving Average adalah :

- a) Hitung " single moving average" dari data dengan periode perata-rataan tertentu; hasilnya di notasikan dengan St' .
- b) Setelah semua single Average dihitung, hitung moving average kedua yaitu moving average dari St' dengan periode peratarataan yang sama. Hasilnya dinotasikan dengan : St''
- c) Hitung komponen at dengan rumus : $At = St' + (St' - St'')$
- d) Hitung komponen trend bt dengan rumus :

$$bt = \frac{2}{N - 1} (St' - St'')$$

- e) Peramalan untuk periode kedepan setelah t adalah sebagai berikut :

$$F_{t+m} = at + bt \cdot m$$

- **Double Moving Average**

Notasi yang diberikan adalah MA (M x N), artinya M – periode MA dan N – periode MA.

- **Weigthed Moving Average**

Data pada periode tertentu diberi bobot, semakin dekat dengan saat sekarang semakin besar bobotnya. Bobot ditentukan berdasarkan pengalaman. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n}$$

dimana :

w1 = bobot yang diberikan pada periode t – 1

w2 = bobot yang diberikan pada periode t – 2

w_n = bobot yang diberikan pada periode t – n

n = jumlah periode

2. **Metode Exponential Smoothing :**

- **Single Exponential Smoothing :**

Pengertian dasar dari metode ini adalah : nilai ramalan pada periode t+1 merupakan nilai aktual pada periode t ditambah dengan penyesuaian yang berasal dari kesalahan nilai ramalan yang terjadi pada periode t tersebut.

Nilai peramalan dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut :

$$F_{t+1} = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha) \cdot F_t$$

dimana :

X_t = data permintaan pada periode t

α = faktor/konstanta pemulusan

F_{t+1} = peramalan untuk periode t

- Double Exponential Smoothing (DES) :

Merupakan metode yang hampir sama dengan metode linear moving average, disesuaikan dengan menambahkan satu parameter.

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

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

Dimana S'_t merupakan *single exponential smoothing*, sedangkan S''_t *double exponential smoothing*

2.3. Pemrograman Linier

Linear programming adalah suatu teknis matematika yang dirancang untuk membantu manajer dalam merencanakan dan membuat keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan.

Tujuan perusahaan pada umumnya adalah memaksimalkan keuntungan, namun karena terbatasnya sumber daya, maka dapat juga perusahaan meminimalkan biaya.

Linear Programming memiliki empat ciri khusus yang melekat, yaitu :

1. penyelesaian masalah mengarah pada pencapaian tujuan maksimisasi atau minimisasi
2. kendala yang ada membatasi tingkat pencapaian tujuan
3. ada beberapa alternatif penyelesaian
4. hubungan matematis bersifat linear

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

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

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan Linear Programming, ada dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan sama dengan dua. Sedangkan metode simpleks bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan dua atau lebih.

2.3.1. Model Pemrograman Linear

Model matematis perumusan masalah umum pengalokasian sumberdaya untuk berbagai kegiatan, disebut sebagai model pemrograman linear. Model pemrograman linear ini merupakan bentuk dan susunan dalam menyajikan masalah-masalah yang akan dipecahkan dengan teknik pemrograman linear.

Masalah pemrograman linear secara umum dapat ditulis dalam bentuk umum sebagai berikut :

$$\text{maks/min } z(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan kendala,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{pmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{pmatrix} b_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \dots\dots\dots(2.2)$$

dan

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots\dots(2.3)$$

keterangan:

z = fungsi tujuan

x_j = jenis kegiatan (variabel keputusan)

a_{ij} = kebutuhan sumberdaya i untuk menghasilkan setiap unit kegiatan j

b_i = jumlah sumberdaya i yang tersedia

c_j = kenaikan nilai Z jika ada pertambahan satu unit kegiatan j

a , b , dan c , disebut juga sebagai parameter model

m = jumlah sumberdaya yang tersedia

n = jumlah kegiatan.

Persamaan (2. 1) dan (2. 2) bisa dikatakan sebagai model standar dari masalah pemrograman linear. Sebuah formulasi matematika yang sesuai dengan model ini adalah masalah program linier batas normal (Hiller, 1990).

Umumnya terminologi untuk model program linier sekarang dapat diringkas. Fungsi objektif, $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$, dengan kendala sebagai pembatas. Batasan m (dengan fungsi semua variabel $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n$) kadang-kadang disebut fungsi pembatas. Sama halnya dengan kendala $x_j \geq 0$ disebut pembatas non negatif.

Beberapa aturan bentuk program linear baku/standar:

1. Semua batasan/kendala adalah persamaan (dengan sisi kanan yang non-negatif).
2. Semua variabel keputusan adalah non-negatif.
3. Fungsi tujuan dapat berupa maksimasi atau minimasi.

2.3.2. Beberapa Definisi Berkaitan Pemrograman Linear

Definisi berikut akan dibutuhkan nantinya untuk menjelaskan metode penyelesaian permasalahan pemrograman linear.

Definisi 1 : penyelesaian fisibel

Penyelesaian fisibel adalah penyelesaian yang memenuhi persamaan (2. 2) dan (2. 3) pada bentuk standar pemrograman linear di atas. Sedangkan himpunan yang memuat semua penyelesaian fisibel disebut *daerah fisibel* (F) (Herjanto, E, 1999).

Definisi 2 : variabel basis

variabel basis adalah variabel-variabel yang digunakan di persamaan (2. 1), (2. 2) dan (2. 3) sebanyak m dan bernilai positif.

Definisi 3 : Penyelesaian optimum

Penyelesaian optimum adalah penyelesaian fisibel yang mengoptimalkan fungsi objektif (memenuhi persamaan (2. 1)), maka penyelesaian basis optimum dan optimum tetapi tidak fisibel dapat didefinisikan.

Definisi 4 : Penyelesaian basis optimum

Penyelesaian basis optimum adalah penyelesaian fisibel basis untuk membuat fungsi obyektif menjadi optimum.

Definisi 5 : Penyelesaian optimum tetapi tidak fisibel

Optimum tetapi tidak fisibel adalah penyelesaian yang terdapat variabel pada penyelesaian basis yang berharga negatif (tidak

memenuhi persamaan (2. 3)). yang mengoptimumkan fungsi objektif (memenuhi persamaan (2.1)) (Herjanto, E, 1999).

Definisi 6 : Nilai slack

Nilai *slack* adalah nilai kelebihan suatu sumberdaya yang digunakan pada kondisi optimum terhadap sumberdaya yang tersedia sebagai kendala.

Definisi 7 : Primal fisibel

Primal fisibel adalah adalah model standar pemrograman linear memenuhi persamaan (2. 2) dan (2. 3) di atas yang mengoptimumkan fungsi objektif (Herjanto, E, 1999).

2.3.3. Metode Simpleks

2.3.3.1. Definisi

Untuk menyelesaikan kasus-kasus yang mempunyai variabel lebih dari dua, penyelesaiannya memakai metode Simpleks. Algoritma simpleks ini adalah suatu prosedur matematis untuk mencari solusi optimal dari suatu masalah pemrograman linier yang didasarkan pada proses iterasi. Jadi pada prinsipnya prosedur ini diawali dengan penentuan suatu solusi awal yang secara terus –menerus diperbaiki hingga diperoleh solusi yang optimal.

Sebelum diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks, maka terlebih dahulu masalah pemrograman linier harus diubah ke dalam

bentuk formulasi model pemrograman linier. Dalam metode simpleks pengubahan ketidak samaan menjadi kepersamaan dilakukan dengan terlebih dahulu memasukan unsur variabel lain berupa "slack variabel" atau "surplus variabel" kedalam pertidaksamaannya. Dalam hal ini pertidaksamaannya mengandung tanda $<$, maka ruas kiri pertidaksamaan harus ditambah untuk slack variabel. Bila pertidaksamaan mengandung tanda $>$, maka ruas kiri pertidaksamaan harus dikurangi unsur surplus variabel.

Baik slack variabel maupun surplus variabel biasanya dilambangkan dengan huruf S. Secara umum persamaan fungsi-fungsi kendala dalam metode simpleks dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{array}{r}
 a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n + S_1 = b_1 \\
 a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n + S_2 = b_2 \\
 : \\
 : \\
 a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n + S_m = b_m
 \end{array}$$

Dapat diringkas sebagai berikut :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j = b_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Dalam penyelesaian metode simpleks dilakukan dalam suatu kerangka tabel, atau disebut tabel. Tabel ini mengatur model ke dalam suatu bentuk yang memungkinkan untuk penerapan langkah-langkah

matematis tersebut menjadi lebih mudah. Tabel-tabel tersebut adalah sebagai berikut :

PROGRAM	OBYEKTIF	KUANTITAS	C1	C2	.....	Cn	0	0	.....	0
			X1	X2	.....	Xn	S1	S2	.....	Sn
S1	0	b1	a11	a12	.....	a1n	1	0	.....	0
S2	0	b2	a21	a22	.....	a2n	0	1	.....	0
:		:	:	:		:	:	:		:
:		:	:	:		:	:	:		:
Sn	0	bm	am1	am2	.....	amn	0	0	.....	1
Z_j			-----							
$C_j - Z_j$			-----							

Keterangan :

1. Kolom Program

Kolom yang berisi variabel-variabel yang akan dikombinasikan, yaitu $X_j + S_j$ dimana $j = 1, 2, 3, \dots, n$. Pada tahap pertama pengerjaan kolom ini diisi dengan $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$, karena variabel ini merupakan variabel semu dan harus dihilangkan terlebih dahulu.

2. Kolom Obyektif

Kolom yang berisi fungsi obyektif yang akan dioptimumkan. Pada tahap pertama karena kolom program berisi $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$, maka kolom obyektif ini berisi angka-angka (0).

3. Kolom Kuantitas

Kolom yang berisi kendala-kendala yaitu : $b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$.

4. Baris Obyektif C_j

Baris yang berisi koefisien dari masing-masing variabel dalam fungsi obyektif yaitu $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$. Empat kolom terkanan dari baris ini berisi angka-angka (0), karena keempat kolom tersebut berisikan koefisien-koefisien variabel semu S_j .

5. Baris Variabel X_j dan S_j

Baris yang berisi variabel-variabel yang akan dikombinasikan termasuk variabel semunya, jadi berisi $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dan $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$.

6. Baris Z_j

Baris yang berisi jumlah hasil kali antara angka-angka dalam kolom obyektif dengan seluruh angka-angka pada baris di atasnya.

7. Baris $C_j - Z_j$

Baris yang berisi hasil pengurangan antara angka-angka pada baris C_j dengan angka-angka pada baris Z_j .

8. Matriks Utama $A \ m \times \ n$

Matriks yang unsur-unsurnya terdiri dari koefisien variabel-variabel dalam fungsi kendala.

9. Matriks Identitas $I \ m \times \ n$

Matriks yang unsur-unsurnya terdiri dari koefisien variabel-variabel semu S_j .

2.3.3.2. ALGORITMA SIMPLEKS

Langkah-langkah dalam algoritma simpleks untuk mencari solusi optimal dari suatu masalah pemrograman linier adalah sebagai berikut :

Langkah Pertama : Rumuskan fungsi obyektif dan kendala-kendalanya.

Langkah Kedua : Ubah bentuk pertidaksamaan fungsi kendala menjadi bentuk persamaan dengan memasukkan unsur variabel semu yang diperlukan (slack/surplus variabel).

Langkah Ketiga : Bentuk tabel simpleks yang berisi data-data dari fungsi obyektif dan fungsi kendala, termasuk data variabel semu.

Langkah Keempat : Tentukan suatu penyelesaian yang laik berdasarkan tabel simplek tersebut.

Langkah Kelima : Uji optimalitas penyelesaian tersebut.

Langkah Keenam : Jika jawaban tersebut belum optimal, buat tabel simpleks baru untuk penyelesaian tahap berikutnya.

Langkah Ketujuh : Tentukan suatu penyelesaian yang laik berdasarkan tabel simpleks yang baru.

Langkah Kedelapan : Uji optimalitas penyelesaian terakhir ini.

Langkah Kesembilan : Ulangi prosedur diatas (dari langkah ke-5 s/d langkah ke-7) hingga diperoleh suatu penyelesaian yang optimal, yaitu jika angka-angka pada baris $(C_j - Z_j)$ sudah tidak ada lagi yang positif (≤ 0).

Jadi penyelesaian sudah optimal jika angka-angka pada baris $(C_j - Z_j)$ sudah tidak ada lagi yang positif. Dengan demikian bila pada baris

masih terdapat angka yang positif berarti harus dibuat tabel simpleks baru untuk penyelesaian tahap berikutnya.

Yang perlu diperhatikan dalam pembuatan tabel simpleks baru dari tabel simplek sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Tentukan **Kolom Kunci**, yaitu kolom yang memiliki nilai selisih $(C_j - Z_j)$ terbesar.
2. Tentukan **Beris Kunci**, yaitu baris yang memiliki nilai ganti terendah. Nilai ganti ini terdapat pada kolom nilai ganti, sebuah kolom baru yang mulai terlihat pada tahap pengerjaan kedua.
3. Tentukan **Nomor Kunci**, yaitu unsur pada tabel simplek yang merupakan perpotongan antara baris kunci dengan nomor kunci.
4. Lakukan transformasi baris kunci, yaitu dengan cara membagi semua angka pada baris kunci dengan nomor kunci.
5. Lakukan transformasi baris-baris lainnya, yaitu dengan cara mengurangi angka-angka pada baris yang bersangkutan dengan hasil kali antara angka-angka pada baris kunci dan Rasio Tetap. Nilai Rasio Tetap ini adalah :

$$\text{Rasio Tetap} = \frac{\text{Angka pada kolom kunci}}{\text{nomor kunci}}$$

Dengan demikian angka-angka pada baris-baris baru adalah :

$$\text{Baris baru} = (\text{Baris lama}) - (\text{Baris kunci} \times \text{Rasio Tetap})$$

Bentuk Aljabar Metode Simplex

Dengan menggunakan contoh pada kasus perusahaan TAS terdahulu maka model linier persoalan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Max. } Z = 3X_1 + 2X_2$$

Subject to

$$2X_1 + 2X_2 \leq 800$$

$$2X_1 + 3.3X_2 \leq 1000$$

$$1X_1 + 0.5X_2 \leq 300$$

$$2X_1 + 1.5X_2 \leq 650$$

Dengan menyertakan variabel Slack atau surplus maka model tersebut dibuat menjadi bentuk standar berikut:

$$\text{Max. } Z = 3X_1 + 2X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4$$

Subject to constraint:

$$2X_1 + 2X_2 + 1S_1 = 800 \dots (1)$$

$$2X_1 + 3.3X_2 + 1S_2 = 1000 \dots (2)$$

$$1X_1 + 0.5X_2 + 1S_3 = 300 \dots (3)$$

$$2X_1 + 1.5X_2 + 1S_4 = 650 \dots (4)$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2, S_3, S_4 \geq 0$$

Properti Aljabar Metode Simplex

Keempat fungsi pembatas tersebut merupakan suatu persamaan sistem dengan enam variabel. Jika suatu sistem persamaan memiliki

variabel yang lebih banyak dibanding dengan jumlah persamaannya maka solusi dari persamaan sistem tersebut adalah infinity. Metode simplex dengan demikian merupakan prosedur aljabar untuk mendapatkan solusi terbaik bagi suatu sistem persamaan. Dalam proses mencari solusi terbaik (*best solution*), solusi yang tidak memenuhi persyaratan non negatif akan dieliminasi.

Mendapatkan Solusi dasar

Oleh karena jumlah variabel dalam persamaan sistem lebih besar dibanding jumlah persamaannya —dalam hal ini ada enam variabel untuk empat persamaan— maka metode simplex memberikan nilai nol untuk dua variabel, dan mencari solusi terbaik bagi empat variabel lainnya dalam sistem persamaan tersebut. Misalkan $X_2 = 0$ dan $S_1 = 0$ sehingga persamaan sistem tersebut menjadi:

$$2X_1 = 800 \dots (5)$$

$$2X_1 + 1S_2 = 1000 \dots (6)$$

$$1X_1 + 1S_3 = 300 \dots (7)$$

$$2X_1 + 1S_4 = 650 \dots (8)$$

Dengan menetapkan nilai nol untuk variabel X_2 dan S_1 maka persamaan sistem tersebut direduksi menjadi empat persamaan dengan empat variabel (X_1, S_2, S_3, S_4).

Dari persamaan (5) diperoleh

$$2X_1 = 800$$

sehingga $X_1 = 800/2 = 400$.

Dari persamaan (6) masukkan nilai $x_1 = 400$ untuk mendapatkan nilai S_2 yaitu

$$2X_1 + 1S_2 = 1000$$

sehingga $S_2 = 1000 - (2 \cdot 400) = 200$

Dari persamaan (7) diperoleh

$$1X_1 + 1S_3 = 300$$

sehingga $S_3 = 300 - 400 = -100$

Dari persamaan (8) diperoleh

$$2X_1 + 1S_4 = 650$$

sehingga diperoleh $S_4 = 650 - (2 \cdot 400) = -150$

Dengan demikian diperoleh solusi dari persamaan sistem dengan enam variabel dan empat persamaan, yaitu:

$$X_1 = 400$$

$$X_2 = 0$$

$$S_1 = 0$$

$$S_2 = 200$$

$$S_3 = -100$$

$$S_4 = -150$$

Solusi diatas disebut Solusi dasar (Basic Solution).

Prosedur umum untuk mendapatkan basic solution adalah dengan membangun bentuk persamaan standar untuk n variabel (termasuk

variabel keputusan, slack dan surplus) dan m persamaan pembatas dimana n lebih besar dari m .

Solusi Dasar

Untuk mendapatkan solusi dasar, tetapkan $n-m$ variabel mana saja sebagai variabel non basic dan beri nilai nol dan temukan solusi dari m persamaan pembatas untuk m variabel lainnya.

Solusi fisibel dasar (Basic Feasible Solution)

Solusi dasar mungkin saja fisibel atau infisibel. Sebuah solusi dasar

fisibel akan memenuhi persyaratan tidak negatif. Solusi dasar yang diperoleh diatas dengan menetapkan X_2 dan S_1 sebagai variabel bukan basis dan bernilai sama dengan nol telah mendapatkan solusi untuk nilai X_1, S_2, S_3, S_4 bukan sebagai solusi dasar fisibel karena nilai $S_3 = -100$ dan $S_4 = -150$. Oleh karena itu pemilihan variabel bukan basis perlu diubah.

Jadi jika variabel yang dipilih sebagai variabel bukan basis adalah X_1 dan X_2 dan bernilai nol maka solusi basis yang diperoleh adalah fisibel, yaitu:

$$S_1 = 800$$

$$S_2 = 1000$$

$$S_3 = 300$$

$$S_4 = 650$$

dengan variabel bukan basis $X_1 = 0$ dan $X_2 = 0$.

Prosedur penyelesaian program linear dengan Metode Simplex

1. Formulasikan persoalan menjadi model linear

2. Transformasikan model tersebut kedalam bentuk standar dengan menambahkan variabel slack atau mengurangi dengan variable surplus
3. Buatlah tableau form

Menyusun Tabel Simplex Awal (Initial Simplex Tableau)

Setelah melakukan konversi program linier kedalam tabel simplex maka tahap pertama adalah membangun tabel simplex awal (initial simplex tableau). Pada tahap ini termasuk pemberian notasi bagi semua koefisien yaitu:

c_j = koefisien fungsi tujuan untuk variabel j

b_i = koefisien sisi kanan (RHS) untuk constraint ke i

a_{ij} = koefisien yang berasosiasi dengan variabel j pada constraint i

Koefisien-koefisien ini merupakan bagian yang menyusun tabel simplex seperti berikut :

C1	C2	...	Cn		b_i
a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}		B_1
a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}		B_2
.
.
.
a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}		b_m

Jadi tabel simplex awal untuk persoalan perusahaan TAS adalah

3	2	0	0	0	0	
2	2	1	0	0	0	800
2	2,3	0	1	0	0	1000
1	0,5	0	0	1	0	300
2	1,5	0	0	0	1	650

Baris pertama tabel simplex awal tersebut menunjukkan koefisien dari masing-masing variabel pada fungsi tujuan, sedangkan koefisien di bawahnya dan di sebelah kiri garis vertikal merupakan koefisien dari masing-masing variabel pada setiap constraint. Elemen di sebelah kanan garis vertikal menunjukkan nilai dari sisi kanan dari constraint. Demi kemudahan, setiap kategori koefisien diperlakukan sebagai suatu grup yang terdiri dari:

Baris C = baris dari koefisien fungsi tujuan

Kolom B = kolom dari nilai sisi kanan masing-masing constraint

Matrik A = merupakan matrik $m \times n$ dari koefisien masing-masing variabel pada setiap constraint.

Baris C	
Matrix A	Kolom B

Guna lebih memudahkan dalam mengingat masing-masing koefisien maka di bagian paling atas tabel simplex dituliskan simbol masing-masing variabel menjadi:

X1	X2	S1	S2	S3	S4	
3	2	0	0	0	0	
2	2	1	0	0	0	800
2	2,3	0	1	0	0	1000
1	0,5	0	0	1	0	300
2	1,5	0	0	0	1	650

Dari tabel simplex awal dapat diketahui dengan mudah solusi fisibel dasar awal (*initial basic feasible solution*) karena untuk setiap kolom dari

variabel basis terdapat koefisien yang bernilai satu demikian juga untuk setiap barisnya. Nilai dari variabel basis dengan demikian dinyatakan oleh nilai sisi kanan yang berada pada kolom bi. Misalkan nilai S2 adalah 1000

	X1	X2	S1	S2	S3	S4	
	3	2	0	0	0	0	
	2	2	1	0	0	0	800
	2	2,3	0	1	0	0	1000 Nilai S2
↑	1	0,5	0	0	1	0	300
	2	1,5	0	0	0	1	650

Kolom yg berasosiasi dgn var S2 Kolom yg berasosiasi dgn var S2

Perbaikan Solusi

Guna meningkatkan solusi maka metode simplex harus menghasilkan solusi fisibel dasar (*basic feasible solution*) yang baru (*ekstreme point*) yang memberikan perbaikan pada nilai fungsi tujuan. Hal ini dilakukan dengan mengganti salah satu variabel basis dengan variabel bukan basis, artinya Nilai S2 Kolom Baris yang berasosiasi dengan variable S2 yang berasosiasi dengan variable S2 menetapkan variabel yang semula adalah bukan basis untuk menggantikan satu variabel yang semula variabel basis. Metode simplex memberikan cara dan prosedur untuk proses penggantian variabel ini.

Untuk lebih memudahkan proses maka ditambahkan dua kolom pada bagian kiri tabel simplex awal, satu kolom diberi label **Basis** dan kolom lainnya diberi label **Cb**. Pada kolom basis ditulis nama variabel basis sedangkan pada kolom Cb ditulis nilai koefisien dari variabel basic tersebut seperti terdapat pada fungsi tujuan.

Untuk kasus perusahaan TAS maka Tabel Simplex menjadi

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1
		3	2	0	0	0	0	
S1	0	2	2	1	0	0	0	800
S2	0	2	2,3	0	1	0	0	1000
S3	0	1	0,5	0	0	1	0	300
S4	0	2	1,5	0	0	0	1	650

Untuk mengetahui apakah perbaikan solusi masih dapat dilakukan, maka ditambahkan dua baris lagi pada bagian bawah tabel simplex ini. Baris yang satu diberi label Z_j yang menunjukkan perubahan pada nilai fungsi tujuan jika satu unit variabel matrik A pada kolom j dimasukkan menjadi variabel basis. Baris yang kedua diberi label $C_j - Z_j$ yang menyatakan pengaruh neto dari pemasukan satu unit variabel tersebut pada nilai fungsi tujuan. Baris ini disebut baris evaluasi netto (*net evaluation row*).

Berikut disajikan bagaimana elemen baris Z_j disusun bila satu unit variabel X_1 menjadi variabel dasar sedangkan variabel X_2 tetap sebagai bukan variabel dasar yang bernilai nol. Dari persamaan pembatas (constraint) pertama diketahui:

$$2X_1 + 2X_2 + 1S_1 = 800$$

Variabel dasar saat ini adalah S_1 , dan jika X_1 yang merupakan bukan variabel dasar nilainya ditingkatkan satu unit dari 0 menjadi 1 maka nilai S_1 harus dikurangi 2 unit agar tetap memenuhi pembatas pertama tersebut. Dari pembatas kedua dan seterusnya maka variabel S_2 juga harus dikurangi 2 unit, variabel S_3 berkurang 1 unit dan variabel S_4 berkurang 2 unit.

Setelah dilakukan analisis untuk semua persamaan pembatas maka dapat dikatakan koefisien pada kolom X1 menunjukkan jumlah unit dari variabel dasar harus dikurangkan dengan masuknya variabel X1 menjadi variabel dasar bernilai 1 untuk tetap menjaga terpenuhinya semua pembatas. Hal yang sama dapat dilakukan untuk bukan variabel dasar lainnya seperti X2. Dengan menetapkan X1 sebagai bukan variabel dasar bernilai 0 maka untuk satu unit penambahan nilai X2 dari 0 menjadi 1 maka variabel S1 harus dikurangi 2 unit, S2 berkurang 2.3 unit, S3 berkurang 0.5 unit dan S4 berkurang 1.5 unit supaya tetap memenuhi semua fungsi pembatas secara simultan.

Karena kolom Cb merupakan koefisien dari variabel dasar pada fungsi tujuan maka untuk menghitung perubahan nilai fungsi tujuan (Zj) apabila nilai variabel dasar Xj meningkat dari nol menjadi 1 adalah:

$$Z1 = 0(2) + 0(2) + 0(1) + 0(2) = 0$$

$$Z2 = 0(2) + 0(2.3) + 0(0.5) + 0(1.5) = 0$$

$$Z3 = 0(1) + 0(0) + 0(0) + 0(0) = 0$$

$$Z4 = 0(0) + 0(1) + 0(0) + 0(0) = 0$$

$$Z5 = 0(0) + 0(0) + 0(1) + 0(0) = 0$$

$$Z6 = 0(0) + 0(0) + 0(1) + 0(1) = 0$$

Karena nilai koefisien C1, C2, C3, C4, C5, C6 pada fungsi tujuan masing-masing bernilai 3, 2, 0, 0, 0, 0 maka $C1-Z1 = 3-0 = 3$; $C2-Z2 = 2-0 = 2$ dan seterusnya. Sampai dengan tahap ini maka tabel simplex menjadi :

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1
		3	2	0	0	0	0	
S1	0	2	2	1	0	0	0	800
S2	0	2	2,3	0	1	0	0	1000
S3	0	1	0,5	0	0	1	0	300
S4	0	2	1,5	0	0	0	1	650
Zj		0	0	0	0	0	0	0
Cj - Zj		3	2	0	0	0	0	

Pada tabel tersebut juga diperoleh nilai $Z_j = 0$ dengan cetak tebal pada kolom terakhir yang merupakan perkalian antara kolom b_i dengan koefisien variabel basis-nya $[0(800) + 0(1000) + 0(300) + 0(650)] = 0$

Dari baris evaluasi neto diketahui setiap produksi satu unit X1 (tas model ransel) memberikan tambahan keuntungan Rp. 3 (dlm puluhan ribu) dan Rp. 2 (juga dlm puluhan ribu) untuk satu unit X2 pada nilai fungsi tujuan. Guna memaksimalkan nilai fungsi tujuan maka variabel X1 dimasukan sebagaivariabel basic karena memiliki nilai positif terbesar dan menggantikan

salah satu variabel basic yang ada. Untuk menemukan variabel basic yang harus diganti maka dicari variabel yang berasosiasi dengan constraint yang

paling membatasi nilai X1 (most restrictive). Dari constraint 1 diperoleh nilai maksimum X1 adalah 400 karena untuk setiap tas model ransel memerlukan 2 jam pengerjaan karena waktu yang tersedia adalah 800. Pada constraint kedua X1 bernilai 500, constraint ketiga dan keempat menghasilkan X1 masing-masing bernilai 300 dan 325. Dari analisis tersebut terlihat bahwa constraint tiga paling membatasi sehingga nilai X1

tidak boleh melebihi 300. Oleh karena itu variabel basic yang berasosiasi dengan constraint ini yaitu variabel S3 menjadi variabel non basic.

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1	b1/a11
S1	0	2	2	1	0	0	0	800	(800/2=400)
S2	0	2	2,3	0	1	0	0	1000	(1000/2=500)
S3	0	1	0,5	0	0	1	0	300	(300/1=300)
S4	0	2	1,5	0	0	0	1	650	(650/2=325)
Zj		0	0	0	0	0	0	0	
Cj - Zj		3	2	0	0	0	0		

Untuk memperbaiki solusi awal $X_1=0$, $X_2=0$, $S_1=800$, $S_2=1000$, $S_3=300$, dan $S_4=650$ yang menghasilkan keuntungan pada nilai fungsi tujuan = 0 maka X_1 ditingkatkan nilainya menjadi 300 sehingga keuntungan menjadi $3(300) = 900$. Dengan memproduksi 300 unit tas model ransel maka semua waktu kerja yang tersedia pada bagian penyelesaian habis digunakan dan menyebabkan nilai S_3 menjadi nol, sehingga X_1 sekarang menjadi variabel basic menggantikan variabel S_3 yang sekarang menjadi non basic.

Elemen matrik yang merupakan perpotongan antara kolom X_1 dengan baris S_3 disebut elemen pivot (tanda kotak), sedangkan baris dan kolom yang berasosiasi dengan elemen pivot disebut baris pivot dan kolom pivot.

Penyusunan Tabel Simplex berikutnya

Untuk menemukan basic solution yang baru maka perlu dilakukan perubahan pada tabel simplex yang terakhir. Masuknya variabel X_1 sebagai variabel basic harus tetap menjaga pola seperti pola variabel S_3

yang digantikannya yang sekarang menjadi non basic. Matrik kolom X1 tetap dipertahankan seperti pola seperti matrik unity S3 yaitu:

$$\begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{matrix}$$

Prosedur transformasi tabel simplex sehingga tetap merupakan sistem persamaan constraint yang ekuivalen adalah dengan mengikuti langkah Operasi Baris Elementer (*elementary row operation*).

Operasi Baris Elementer

1. Kalikan setiap baris (persamaan) dengan bilangan bukan nol
2. Gantikan setiap baris (persamaan) dengan hasil penambahan atau pengurangan berganda dari baris lainnya

Operasi baris elementer ini tidak merubah solusi dari sistem persamaan simultan tetapi operasi ini akan merubah koefisien dari variabel dan nilai sisi kanan constraint. Tujuan dari oprasi baris ini adalah untuk mentransformasikan sistem persamaan constraint menjadi bentuk yang mudah untuk mengidentifikasi solusi basic yang baru.

Kolom X1 pada tabel simplex menjadi:

$$a_{11} = 0$$

$$a_{21} = 0$$

$$a_{31} = 1$$

$$a_{41} = 0$$

Secara kebetulan elemen matrik a_{31} sudah bernilai 1 seperti tampak pada persamaan constraint baris 3 berikut:

$$1X_1 + 0.5X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 + 0S_4 = 300$$

sehingga tidak diperlukan operasi baris elementer. Baris tersebut sekarang

menjadi baris pivot yang baru pada tabel simplex yang diperbaiki.

Untuk membuat elemen $a_{11} = 0$ maka operasi baris elementer yang dilakukan

adalah dengan mengalikan baris pivot tersebut dengan 2 sehingga menjadi:

$$2(1X_1 + 0.5X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 + 0S_4) = 2(300)$$

atau
$$2X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 2S_3 + 0S_4 = 600$$

Berikutnya adalah mengurangkan baris pertama dengan persamaan diatas

menjadi

$$(2X_1 + 2X_2 + 1S_1) - (2X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 2S_3 + 0S_4) = 800 - 600$$

atau
$$0X_1 + 1X_2 + 1S_1 - 0S_2 - 2S_3 - 0S_4 = 200$$

Untuk membuat elemen $a_{21} = 0$ maka operasi yang harus dilakukan adalah

mengalikan baris pivot tersebut dengan 2 sehingga menjadi:

$$2(1X_1 + 0.5X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 + 0S_4) = 2(300)$$

atau
$$2X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 2S_3 + 0S_4 = 600$$

kemudian lakukan pengurangan terhadap persamaan baris kedua sehingga

$$(2X_1 + 3.3X_2 + 1S_2) - (2X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 2S_3 + 0S_4) = 1000-600$$

atau $0X_1 + 2.3X_2 - 0S_1 + 1S_2 - 2S_3 - 0S_4 = 400$

Untuk menghasilkan elemen $a_{41} = 0$ maka baris pivot juga kalikan 2 menjadi

$$2(1X_1 + 0.5X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 + 0S_4) = 2(300)$$

atau $2X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 2S_3 + 0S_4 = 600$

kemudian lakukan pengurangan terhadap persamaan baris keempat sehingga

$$(2X_1 + 1.5X_2 + 1S_4) - (2X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 2S_3 + 0S_4) = 650-600$$

atau $0X_1 + 0.5X_2 - 0S_1 - 1S_2 - 2S_3 + 1S_4 = 50$

Karena pola matrik kolom X_1 sudah ditransformasikan menjadi unit maka bagian tabel simplex yang baru adalah sebagai berikut:

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1
S1	0	0	1	1	0	-2	0	200
S2	0	0	2,3	0	1	-2	0	400
X1	3	1	0,5	0	0	1	0	300
S4	0	0	0,5	0	0	-2	1	50

Berikutnya adalah menghitung perubahan nilai Z_j dan $C_j - Z_j$ untuk masing-masing kolom termasuk nilai Z_j pada kolom b_i . Setelah menghitung nilai-nilai tersebut dengan cara yang sama seperti pada tabel simplex awal maka diperoleh tabel simplex *iterasi pertama* berikut:

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1
		3	2	0	0	0	0	
S1	0	0	1	1	0	-2	0	200
S2	0	0	2,3	0	1	-2	0	400
X1	3	1	0,5	0	0	1	0	300
S4	0	0	0,5	0	0	-2	1	50
Zj		3	1,5	0	0	3	0	900
Cj - Zj		0	0,5	0	0	-3	0	

Proses selanjutnya adalah terus mengusahakan perbaikan nilai fungsi tujuan dengan memasukan variabel non basic menjadi variabel basic yang baru dengan mengikuti prosedur seperti pada iterasi pertama. Dari evaluasi baris neto diketahui variabel X2 memiliki nilai positif terbesar (0.5) sehingga ia menjadi variabel basic yang baru, kolom X2 sekarang adalah sebagai kolom pivot. Untuk menemukan baris pivot maka dicari nilai terkecil dari X2 dengan menghitung nilai B_i/a_{i2} (most restrictive X2). Hasilnya disajikan pada tabel berikut:

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1	$b1/a_{i1}$
		3	2	0	0	0	0		
S1	0	0	1	1	0	-2	0	200	$(200/1=200)$
S2	0	0	2,3	0	1	-2	0	400	$(400/2,3=174)$
X1	3	1	0,5	0	0	1	0	300	$(300/0,5=600)$
S4	0	0	0,5	0	0	-2	1	50	$(50/0,5=100)$
Zj		3	1,5	0	0	3	0	900	
Cj - Zj		0	0,5	0	0	-3	0		

Dari tabel tersebut diketahui constraint 4 paling restriktif sehingga variabel S4 menjadi non basic karena bernilai nol karena semua jam kerja yang ada pada bagaian ini digunakan untuk menghasilkan 100 unit X2 (tas model klasik).

Operasi baris elementer harus dilakukan untuk membuat elemen metrik kolom X2 menjadi unity dengan mempertahankan pola seperti S4, yaitu:

$$a_{12} = 0$$

$$a_{22} = 0$$

$$a_{32} = 0$$

$$a_{42} = 1$$

Untuk menjadikan elemen matrik $a_{42} = 1$ maka baris pivot harus dikalikan 2

$$\text{menjadi} \quad 2(0X_1 + 0.5X_2 + 0S_1 + 0S_2 - 2S_3 + 1S_4) = 2(50)$$

$$\text{atau} \quad 0X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 - 4S_3 + 2S_4 = 100$$

Persamaan tersebut sekarang menjadi baris pivot yang baru.

Untuk mendapatkan elemen matrik $a_{12} = 0$ maka operasi baris elementer dilakukan dengan hanya mengurangi baris pivot dari persamaan baris pertama (variabel basic S1) karena koefisien X2 yang ada pada baris pertama dengan yang ada pada baris pivot, yaitu sama-sama 1. Baris pertama yang baru dengan demikian menjadi:

$$(0X_1 + 1X_2 + 1S_1 + 0S_2 - 2S_3 + 0S_4) - (0X_1 + 1X_2 + 0S_1 + 0S_2 - 4S_3 + 2S_4) = 200 - 100$$

$$\text{atau} \quad 0X_1 - 0X_2 + 1S_1 + 0S_2 + 2S_3 - 2S_4 = 100$$

Untuk mendapatkan elemen matrik $a_{22} = 0$ maka operasi baris elementer dilakukan dengan mengalikan baris pivot dengan 2.3 dan mengurangi hasilnya dari persamaan baris 2 (variabel basic S2), yaitu:

$$2.3(0X1 + 1X2 + 0S1 + 0S2 - 4S3 + 2S4) = 2.3(100)$$

atau $0X1 + 2.3X2 + 0S1 + 0S2 - 9.2S3 + 4.6S4 = 230$

Setelah operasi pengurangan maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$(0X1+2.3X2+0S1+1S2-2S3+0S4)-(0X1+2.3X2+0S1+0S2-9.2S3+4.6S4) = 400-230$$

atau $0X1 + 0X2 + 0S1 + 1S2 + 7.2S3 - 4.6S4 = 170$

Untuk mendapatkan elemen matrik $a_{32} = 0$ maka operasi baris elementer dilakukan dengan mengalikan baris pivot dengan 0.5 dan mengurangkan hasilnya dari persamaan baris 3 (variabel basic X_1), yaitu:

$$0.5(0X1 + 1X2 + 0S1 + 0S2 - 4S3 + 2S4) = 0.5(100)$$

atau $0X1 + 0.5X2 + 0S1 + 0S2 - 2S3 + 1S4 = 50$

Setelah operasi pengurangan maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$(1X1+0.5X2+0S1+0S2+1S3+0S4)-(0X1+0.5X2+0S1+0S2-2S3+1S4) = 300-50$$

atau $1X1 + 0X2 + 0S1 + 0S2 + 3S3 - 1S4 = 250$

Setelah mendapatkan semua persamaan constraint maka bagian tabel simplex yang baru adalah :

Basis	Cb	X1	X2	S1	S2	S3	S4	b1
S1	0	0	0	1	0	2	-2	100
S2	0	0	0	0	1	7,2	-4,6	170
X1	3	1	0	0	0	3	-1	250
X2	2	0	1	0	0	-4	2	100

Berikutnya adalah menghitung perubahan nilai Z_j dan $C_j - Z_j$ untuk masing-masing kolom termasuk nilai Z_j pada kolom bi. Setelah menghitung

nilai-nilai tersebut dengan cara yang sama seperti pada iterasi pertama maka diperoleh tabel simplex *iterasi kedua* berikut:

Basis	Cb	X1 3	X2 2	S1 0	S2 0	S3 0	S4 0	b1
S1	0	0	0	1	0	2	-2	100
S2	0	0	0	0	1	7,2	-4,6	170
X1	3	1	0	0	0	3	-1	250
X2	2	0	1	0	0	-4	2	100
Zj		3	2	0	0	1	1	950
Cj - Zj		0	0	0	0	-1	-1	

Interpretasi Solusi Optimal

Dari baris evaluasi neto tidak lagi ditemukan nilai positif yang berarti solusi yang diperoleh sudah maksimum, yaitu $X1 = 250$, $X2 = 100$ dan nilai fungsi tujuan $Zj = 950$ (dalam puluhan ribu rupiah)

Dari tabel tersebut diketahui $S1 = 100$ dan $S2 = 170$ yang berarti waktu kerja pada bagian pemotongan masih tersisa (slack) 100 jam sedangkan sisa waktu pada bagian penjahitan adalah 170 jam. Pada bagian lainnya (penyelesaian, pemeriksaan & pengepakan) seluruh waktu kerja sudah habis digunakan.

Merujuk kembali pada gambar terdahulu diketahui bahwa solusi optimal bergerak mulai dari titik ekstem 1 dengan solusi awal $X1=0$, $X2=0$, $S1=800$, $S2=1000$, $S3=300$, $S4=650$ dan menghasilkan nilai fungsi tujuan nol. Pada iterasi pertama variabel $X1$ memasuki basis dan mengakibatkan variabel $S3$ menjadi non basic variabel. Solusi basic kedua berada pada titik ekstem 2 yaitu $X1=300$, $X2=0$, $S1=200$, $S2=400$, $S3=0$, dan $S4=50$ serta menghasilkan nilai 900 pada fungsi tujuan. Pada iterasi selanjutnya

X2 memasuki basis mendorong S4 untuk keluar. Hal ini menyebabkan solusi bergerak ke arah sumbu X2 menuju titik ekstrem 3. Pada titik ini solusi yang didapat sudah optimum yaitu $X_1=250$, $X_2=100$, $S_1=100$, $S_2=170$, $S_3=0$ dan $S_4=0$ sedangkan nilai fungsi tujuan maksimum yaitu 950.

Ringkasan Prosedur Metode Simplex

1. Formulasikan persoalan kedalam model linear
2. Tambahkan variabel Slack pada masing-masing constraint (pembatas) untuk memperoleh bentuk standar. Model ini digunakan untuk identifikasi solusi feasible awal dari pembatas bertanda lebih kecil atau sama dengan.
3. Buat tabel simplex awal (initial simplex tableau)
4. Pilih variabel non basic yang memiliki nilai positif terbesar pada baris evaluasi neto menjadi variabel basic. Variabel ini menjadi kolom pivot, yaitu kolom yang berasosiasi dengan variabel basic yang masuk.
5. Pilih baris pivot yang memiliki ratio b_i/a_{ij} terkecil dimana $a_{ij} \geq 0$, dimana j adalah kolom pivot. Hal ini sekaligus menunjukkan variabel yang meninggalkan basis menjadi non basis.
6. Lakukan operasi baris elementer jika diperlukan untuk mentransformasikan kolom dari variabel yang memasuki basis menjadi kolom unitary yang bernilai 1 pada baris pivotnya.

- a. Kalikan atau bagi setiap elemen baris pivot dengan pivot elemen
 - b. Hasilkan nilai 0 pada elemen kolom lainnya dengan cara mengurangkan baris pivot dari baris-baris constraint lainnya
7. Lakukan pengujian tingkat optimaliti. Jika $C_j - Z_j \leq 0$ untuk semua kolom maka solusi optimal sudah diperoleh, jika tidak maka ulangi prosedur 4 kembali.

2.3.4. Analisis Sensitivitas

Seorang analis jarang dapat menentukan parameter model LP seperti (c_j, b_i, a_{ij}) dengan pasti karena nilai parameter ini adalah fungsi dari beberapa *uncontrolable variabel*. Misalnya, permintaan masa depan, biaya bahan mentah dan harga energi sebagai sumberdaya tak dapat diperkirakan dengan tepat sebelum masalah diselesaikan. Sementara itu solusi optimum model LP didasarkan pada parameter ini. Akibatnya analis perlu mengamati pengaruh perubahan parameter terhadap solusi LP dinamakan *post optimality analysis*. Istilah *post optimality* menunjukkan bahwa analisis ini terjadi setelah diperoleh solusi optimum, dengan mengasumsikan seperangkat nilai parameter yang digunakan dalam model.

Perubahan atau variasi dalam suatu masalah LP yang biasanya dipelajari melalui *post optimality analysis* dapat dipisahkan ke dalam tiga kelompok umum.

- a. Analisis yang berkaitan dengan perubahan diskrit parameter untuk melihat berapa besar perubahan dapat ditolerir sebelum solusi optimum mulai kehilangan optimalitasnya, ini dinamakan *Analisis Sensitivitas*. Jika suatu perubahan kecil dalam parameter menyebabkan perubahan drastis dalam solusi, dikatakan bahwa solusi adalah sangat sensitif terhadap nilai parameter itu. Sebaliknya, jika perubahan parameter tidak mempunyai pengaruh besar terhadap solusi dikatakan solusi relatif insensitif terhadap nilai parameter tersebut.
- b. Analisis yang berkaitan dengan perubahan struktural. Masalah ini muncul bila masalah LP dirumuskan kembali dengan menambahkan atau menghilangkan kendala atau variabel untuk menunjukkan operasi model alternatif.
- c. Analisis yang berkaitan dengan perubahan kontinu parameter untuk menentukan urutan solusi dasar yang menjadi optimum jika perubahan ditambah lebih jauh, ini dinamakan *Parametric – Programming*.

Melalui analisis sensitivitas dapat dievaluasi pengaruh perubahan-perubahan parameter dengan sedikit tambahan perhitungan berdasarkan tabel simpleks optimum. Namun, jika perubahan-perubahan terlalu banyak, perhitungan post optimum dapat menjadi melelahkan sehingga lebih efisien jika menyelesaikan kembali masalah LP dengan metode simpleks.

Perubahan-perubahan parameter dikelompokkan menjadi:

- a. Perubahan koefisien fungsi tujuan,
- b. Perubahan konstanta sisi kanan,

- c. Perubahan kendala atau koefisien matriks A,
- d. Perubahan variabel baru,
- e. Perubahan kendala baru.

2.4. Microsoft Solver

Dalam hal pengambilan keputusan, terkadang kita memerlukan alat bantu di dalam komputer. Solver dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang antara lain:

1. Corporate Finance, meliputi working capital management, capital budgeting, inventory management, cash management, capacity planning, etc.
2. Investment, meliputi Portofolio optimization-Markowitz Model, Stock Portofolio Management, Portofolio Optimization-Sharpe Model (CAPM), Bond Portofolio Management, Bond Portofolio Exact Matching, etc.
3. Production, meliputi product mix, machine allocation, blending, process selection, cutting stock, etc.
4. Distribution, meliputi transportation model, multi-level and multi-commodity transportation model, partial loading, facility location, production/transportation model, etc.
5. Purchasing, meliputi contract awards, inventory stocking/reordering, media planning, purchasing/transportation model, etc.

6. Human Resources, meliputi crew scheduling, office assignment, employee scheduling, workforce composition, workforce movement, etc.

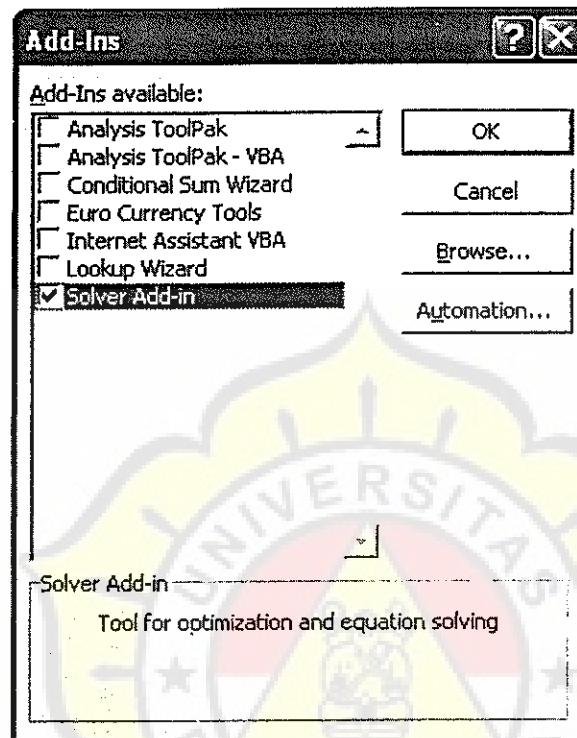
Solver merupakan salah satu fasilitas tambahan (Add-ins) yang terdapat pada program Microsoft Excel. Solver disediakan oleh MS Excel berfungsi sebagai tool untuk mencari nilai optimal pada suatu formula pada sel lembar kerja Excel (atau disebut sel target). Nilai yang diharapkan dapat berupa nilai paling maksimum, nilai paling minimum atau nilai tertentu yang diharapkan. Microsoft Excel Solver mengkombinasikan fungsi dari suatu Graphical User Interface (GUI), suatu algebraic modeling language seperti GAMS (Brooke, Kendrick, dan Meeraus 1992) atau AMPL (Fourer, Gay, and Kernighan 1993), dan optimizers untuk linier, nonlinear, dan integer program. Masing-masing fungsi ini terintegrasi ke dalam spreadsheet program.

Fitur Solver ini diinstal secara tersendiri karena fasilitas tambahan/ optional. Cara mengaktifkannya tidaklah sulit. Langkah-langkah mengaktifkan Solver Add-ins sebagai berikut :

1. Buka worksheet Microsoft Excel 2007
2. Klik Costumize Quick Access Toolbaar pada bagian kiri atas
3. Pilih More Command > Add-ins
4. Pilih Solver Add-in > Go
5. Kemudian klik OK dan ikuti instruksi selanjutnya.

6. Apabila pada menu Data > Analysis, terdapat menu Solver maka proses pengaktifan Solver Add-in telah berhasil

Lihat gambar berikut :



Yang perlu diingat, pada saat penambahan fasilitas ini memerlukan master MS Office itu sendiri untuk proses penginstalan baik itu berupa CD master ataupun suatu folder tersendiri yang menyediakan master yang dibutuhkan.

Solver merupakan suatu bagian dari serangkaian perintah (command) yang saling berhubungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam suatu group terhadap satu formula dalam suatu sel target. Perintah ini biasa disebut What-if Analysis Tools.

Pada dasarnya Solver terdiri dari 3 (tiga) bagian, yakni:

1. Sel Target (Target Cell) : Merupakan bagian solver sebagai tempat dimana hasil akhir pemrosesan/eksekusi suatu formula ditempatkan. Dalam excel, fungsi tujuan berada dalam satu cell saja. Dimana di dalam cell ini terdapat formula excel dari cell lainnya. Selain itu, kita harus menentukan tujuan kita itu apa. Apa mau mencari fungsi minimum (meminimumkan Target Cell), fungsi maksimum (memaksimumkan Target Cell), atau membuat fungsi sama dengan nilai tertentu (Value of).
2. Sel Pengatur (Adjusted Cell) : Solver mengatur perubahan nilai pada sel yang spesifik, untuk memproduksi hasil perlu spesifikasi dari formula pada sel target. Sel pengatur ini harus mempunyai kaitan dengan sel target dalam suatu lembar kerja excel.
3. Sel Pembatas (Constrained Cell) : Constraint digunakan untuk membatasi nilai solver yang dapat digunakan pada suatu model tertentu dan constraint mengacu pada sel lain yang mempengaruhi formula pada sel target.

Berikut contoh permasalahan yang penyelesaiannya menggunakan alat bantu *solver*.

Permasalahan:

PT. Sejatera merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri keperluan olah raga seperti bola voli dan bola kaki. Bahan yang digunakan untuk memproduksi bola kaki dan bola voli adalah karet dan kulit. Untuk produksi 1 bola kaki memerlukan 3 ons karet dan 4 meter kulit.

Sedangkan bola voli diperlukan 2 ons karet dan 3 meter kulit. Keuntungan yang didapat untuk bola voli per unitnya adalah Rp 150.000,- dan bola kaki per unitnya adalah Rp 170.000,-. Bahan yang tersedia untuk karet adalah 400 ons dan 900 meter kulit.

Permasalahan yang harus dipecahkan:

Hitung jumlah produksi yang dapat memberikan keuntungan maksimal. Dalam memproduksi masing-masing bola harus bernilai bilangan bulat (ya iyalah.. mana ada bola setengah lingkaran) tidak boleh dibawah nol. Hitung sisa kelebihan bahan yang tersedia jika sudah ditemukan produksi.

Masalah tersebut dapat diatasi dengan mudah. Caranya dapat menggunakan *solver* yang ada pada *microsoft excel*.

Penyelesaian:

Buatlah table di *microsoft excel* sebagai berikut (A,B,C,D menunjukkan judul kolom sehingga tidak perlu dibuat karena sudah ada pada *microsoft excel*) dan (1,2,3,4,5,6 menunjukkan judul baris tidak perlu dibuat karena sudah tersedia di *excel*. Ini dilakukan untuk mempermudah pengaturan saja):

Table Penyelesaian:

Tabel 2.1 Contoh Tabel Penyelesaian Soal Simplex

	A	B	C	D	E
1	Produk	Kebutuhan per unit		keuntungan per	Jumlah
2		Karet (ons)	Kulit (m)	unit (Rp)	Produksi
3	Bola voli	2	3	150.000	1
4	Bola Kaki	2	5	170.000	1
5					

6	Bahan tersedia	400	900	
7	Bahan dibutuhkan	=E3*B3 +E4*B4	=C3*E3 +E4*C4	
8	Sisa Bahan	=B6-B7	=C6-C7	
9	Keuntungan	=E3*D3+E4*D4		

Perhatikan judul kolom dan isian sesuai dengan *cell* yang terlihat.

Jika ada tanda "=" (tanpa kutip) di *cell* itu berarti rumus.

Dalam *solver* yang harus diperhatikan adalah:

- Kolom atau *cell* yang mengalami perubahan.

Dari contoh kasus diatas yang akan mengalami perubahan *cell* adalah pada kolom **jumlah produksi (cell E3:E4)**. Mengapa ? karena kita harapkan *solver*-lah yang menentukan **jumlah produksi yang tepat** dengan kondisi bahan yang tersedia serta mendapatkan **keuntungan yang maksimal**.

- *Constraint* (batasan/aturan) nyatanya.

Yang harus kita jaga/batasi adalah jangan sampai keuntungan besar tetapi bahan yang tersedia tidak mencukupi. Maka *cell* **B7** tidak boleh lebih besar dari *cell* **B6**. Dan *cell* **C7** tidak boleh lebih besar dari *cell* **C6**.

Jumlah produksi harus lebih besar dari angka 0 dan **Jumlah produksi** harus bilangan **integer**.

- Dan yang paling penting adalah *target cell*.

Target cell yang dimaksud adalah sesuai dengan keinginan kita diatas yaitu mencapai keuntungan maksimal. *Cell* yang menjelaskan keuntungan maksimal adalah *cell* **B9**.

Berikut langkah-langkah untuk memenuhi perhatian solver diatas (dari point a,b dan c).

1. Letakkan *cursor* atau klik *cell* B9. Klik *tools* lalu pilih *solver*.

	A	B	C	D	E
1					
2	Produk	Kehtuhan per unit		Keuntungan per	Jumlah
3		Karet (cm)	Kulit (m)	unit (Rp)	Produk
4	Bola voli	2	3	120.000	
5	Bola Kaki	3	4	170.000	
6	Bahan tersedia	400	500		
7	Bahan dibutuhkan	5	7		
8	Sisa Bahan	395	893		
9	Keuntungan	120.000			

Gambar 2.5 Solver Parameters pada Excel

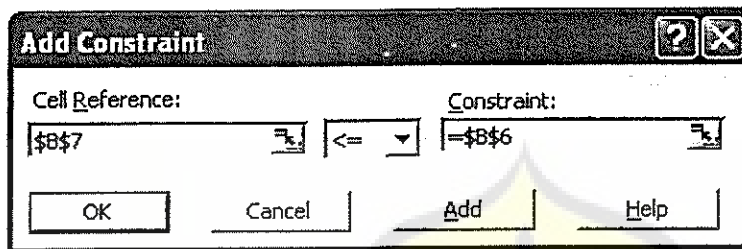
Perhatikan bahwa *Set Target Cell* terisi dengan \$B\$9. Karena memang kita akan mendapatkan keuntungan maksimal ini ditandai dengan *equal to* yang terpilih adalah Max.

2. Jika melihat gambar diatas maka terlihat *By Changing cells* terisi dengan \$E\$3:\$E\$4 karena memang *cell* tersebut yang akan mengalami perubahan nilai jumlah produksi sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan oleh *solver*.
3. Perhatikan gambar diatas pada *Subject to the constraints* (saya ingatkan kembali untuk memperhatikan pada "Dalam *solver* yang harus diperhatikan adalah" lihat point *b*).

Aturannya adalah bahwa:

- Maka *cell B7* tidak boleh lebih besar dari *cell B6*. Dan *cell C7* tidak boleh lebih besar dari *cell C6*.

Jika melihat gambar solver diatas klik tombol Add. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2.6 Add Constraint pada Excel Solver

Terlihat cell \$B\$7 <= Cell \$B\$6 sesuai dengan aturan diatas.

Klik tombol Add kembali untuk membuat aturan cell \$C\$7 <= \$C\$6.

Perhatikan gambar berikut.

- **Jumlah produksi** harus lebih besar dari angka 0

Klik tombol Add pada gambar 4. Kemudian pada *Cell Reference* diisi dengan \$E\$3:\$E\$4. Kemudian *constraint* diisi dengan 0. Sehingga akan terlihat bahwa \$E\$3:\$E\$4 >= 0.

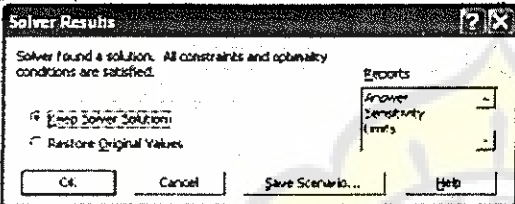
- **Jumlah produksi** harus bilangan integer.

Klik kembali tombol Add kemudian pada *cell reference* diisi dengan \$E\$3:\$E\$4 untuk lambang pilih *int* sedangkan *constraint* akan terisi otomatis yaitu kata *integer*.

Klik tombol **OK**.

- Langkah selanjutnya untuk melihat hasil adalah dengan cara klik tombol Solver. Harusnya dengan contoh kasus diatas **keuntungan maksimal yang dicapai adalah Rp 31.000.000**. Perhatikan gambar berikut.

	A	B	C	D	E
1	Produk	Kebutuhan per unit		keuntungan per	Jumlah
2		Karet (cm)	Kulir (m)	unit (Rp)	Produk
3	Bola voli	2	3	150.000	150
4	Bola kaki	2	5	170.000	50
6	Bahan tersedia	400	700		
7	Bahan dibutuhkan	400	700		
8	Sisa Bahan	0	0		
9	Keuntungan	31.000.000			



Gambar 2.7 Hasil dari Pengolahan Menggunakan Excel Solver

- Lihat pada kolom **jumlah produksi** berubah sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan oleh *solver*.

Pada dasarnya Solver terdiri dari 3 (tiga) bagian, yakni:

1. Sel Target (Target Cell) : Merupakan bagian solver sebagai tempat dimana hasil akhir pemrosesan/eksekusi suatu formula ditempatkan. Dalam excel, fungsi tujuan berada dalam satu cell saja. Dimana di dalam cell ini terdapat formula excel dari cell lainnya. Selain itu, kita harus menentukan tujuan kita itu apa. Apa mau mencari fungsi minimum (meminimumkan Target Cell), fungsi

maksimum (memaksimumkan Target Cell), atau membuat fungsi sama dengan nilai tertentu (Value of).

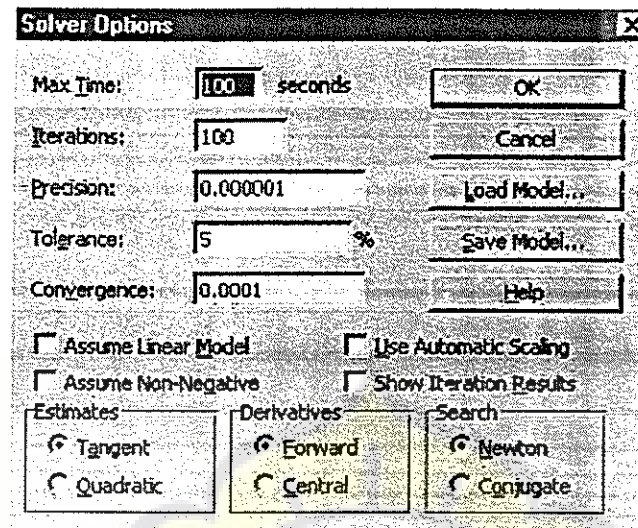
2. Sel Pengatur (Adjusted Cell) : Solver mengatur perubahan nilai pada sel yang spesifik, untuk memproduksi hasil perlu spesifikasi dari formula pada sel target. Sel pengatur ini harus mempunyai kaitan dengan sel target dalam suatu lembar kerja excel.
3. Sel Pembatas (Constrained Cell) : Constraint digunakan untuk membatasi nilai solver yang dapat digunakan pada suatu model tertentu dan constraint mengacu pada sel lain yang mempengaruhi formula pada sel target.

Menu solver dapat dilihat dibawah ini: (Data> Analysis > Solver)

Solver parameters :

- Set Target Cell : merupakan sel yang dijadikan target (dalam bentuk formula/rumus)
- Equal To : tujuan yang hendak dituju Maximal/Minimal/Nilai tertentu (Value Of)
- By Changing Cells : yakni sel asal perhitungan sel target yang dapat dimanipulasi nilainya.
- Subject to the Constraints: Batasan-batasan yang diatur dalam perhitungan formula misalnya: nilai yang ditentukan harus positif ($x \geq 0$) dll.

Pada menu Box Dialog Options, set satu atau lebih pilihan yang disediakan :



Gambar 2.8 Solver Options pada Excel

- a. Solusi waktu dan iterasi : Pada Max Time box, tuliskan nomor dari waktu (dalam detik/second) yang diizinkan untuk solusi waktu. Pada box Iterations, masukkan nomor maksimal dari iterasi yang diizinkan.
- b. Degree of Precision : Pada Precision box, ketikkan derajat ketepatan (Degree of Precision) yang diinginkan, semakin kecil angka itu semakin tinggi ketepatan yang dihasilkan.
- b. Integer Tolerance : Pada box Tolerance, ketik persentase error yang diizinkan pada saat mengeksekusi solusi.
- c. Degree of Convergence : Pada Convergence box, ketik jumlah perubahan relatif yang diizinkan pada lima iterasi terakhir sebelum Solver berhenti dengan solusinya. Semakin kecil angka semakin sedikit perubahan relatif yang diizinkan.