

# Riset Operasi dengan Solver Excel

Junaidi

## I. Pengantar

Riset Operasi (operation research) pada awalnya dimulai dikalangan militer dalam permulaan Perang Dunia Kedua. Konsep ini diperkenalkan dalam rangka mengalokasikan sumber-sumber atau input yang terbatas guna melayani berbagai operasi militer dan kegiatan-kegiatan di dalam setiap operasi secara efisien dan efektif. Pada tahap selanjutnya, penerapan riset operasi berkembang tidak hanya pada bidang militer tetapi pada bidang-bidang industri, bisnis dan pemerintahan sipil.

Selain perkembangan dalam bidang penerapan, perkembangan juga terjadi dalam teknik-teknik riset operasi tersebut yang salah satunya adalah linear programming. Linear Programming (pemrograman linier) merupakan teknik matematik yang didesain untuk membantu pengambilan keputusan dalam mengalokasikan sumber daya ekonomi yang dimiliki baik di tingkat mikro (perusahaan) ataupun pada tingkat makro (wilayah/negara) secara optimal

Sumberdaya dapat berupa bahan baku, waktu kerja mesin, waktu kerja orang, uang atau apapun yang memiliki keterbatasan dalam persediaannya (supply). Solusi optimal dapat berarti memaksimumkan profit, meminimumkan biaya atau pencapaian kemungkinan kualitas yang terbaik. Berbagai variasi dari masalah optimalisasi ini dapat ditangani dengan linear programming ini, diantaranya:

### **1. Bidang Investasi dan Keuangan**

- a) Pengelolaan modal kerja, mencakup pengalokasian kas untuk berbagai tujuan (piutang, inventaris) dalam berbagai periode waktu, untuk memaksimumkan penerimaan bunga/hasil.
- b) Penganggaran modal, mencakup pengalokasian dana untuk proyek-proyek, untuk memaksimumkan “return on capital” perusahaan.
- c) Optimisasi Portfolio, mencakup pengalokasian dana untuk saham atau obligasi untuk memaksimumkan hasil pada tingkat resiko tertentu, atau meminimumkan resiko untuk suatu target hasil.

## 2. Bidang Manufacturing

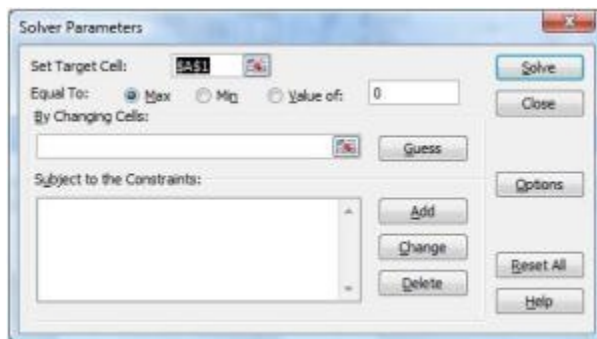
- a) Pencampuran (Blending) misalnya pencampuran makanan ternak, yang mencakup pengalokasian dan mengkombinasikan bahan baku dari berbagai jenis dan tingkatan, untuk memenuhi permintaan dengan meminimumkan biaya
- b) Memotong persediaan (untuk kayu, kertas dan lainnya) mencakup pengalokasian ukuran dari kertas atau kayu yang besar yang dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil, untuk memenuhi permintaan dengan meminimumkan bahan yang terbuang

## 3. Distribusi dan Jaringan

- a. Rute (dari barang, gas alam, listrik, data digital dan lainnya) mencakup pengalokasian sesuatu pada jalur yang berbeda menuju berbagai tujuan, untuk meminimumkan biaya atau memaksimalkan hasil
- b. Muatan (dari truk, kereta api dan lainnya) mencakup pengalokasikan ruang kendaraan untuk barang-barang dengan ukuran yang berbeda guna meminimumkan ruang yang tidak digunakan/tidak terpakai
- c. Penjadwalan dari segala sesuatu mulai dari pekerja mesin dan ruang pertemuan, yang mencakup pengalokasian kapasitas untuk berbagai pekerjaan guna memenuhi permintaan dengan meminimumkan keseluruhan biaya.

Dalam kerangka optimisasi dengan linear programming ini, Excel memiliki fasilitas add-ins (tambahan) yaitu fasilitas **Solver**. Untuk memanfaatkannya, Klik menu **Tool** kemudian klik **Solver**. Jika setelah mengklik **Tool**, ternyata tidak muncul pilihan **Solver**, berarti menu tersebut belum diaktifkan di program Excel Anda. Untuk mengaktifkannya, klik **Tool**, kemudian klik **Add ins**, selanjutnya conteng pada pilihan **Solver Add-In**, setelah itu klik **ok**. Kemudian kembali klik menu **Tool**. Dstnya.

Setelah itu, akan muncul tampilan Solver sebagai berikut:



Tampilan tersebut meminta untuk memasukkan parameter-parameter variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala. Pembahasan-pembahasan cara merumuskan semua parameter tersebut serta contoh-contoh aplikasi perhitungan akan dibahas pada bagian-bagian berikut ini.

## II. Aplikasi Bauran Produk

Pada bagian ini akan dibahas mengenai metode perumusan linear programming, aplikasinya pada bauran produk (product mix) serta penggunaan Solver.

**Kasus:**Perusahaan anda memproduksi TV, stereo dan speaker menggunakan komponen-komponen chasis, tabung gambar, kerucut speaker (speaker cone), power supply dan alat elektronik. Persediaan dari komponen-komponen tersebut terbatas dan anda harus memutuskan dalam kombinasi produk yang dihasilkan yang akan menghasilkan keuntungan maksimum

**Persediaan komponen** terdiri dari Chasis = 425 unit, Tabung gambar = 250 unit, Kerucut speaker = 700 unit, Power Supply = 450 unit, Alat elektronik = 650 paket

### **Kebutuhan komponen masing-masing produk:**

Untuk menghasilkan 1 unit TV butuh 1 unit chasis, 1 unit tabung gambar, 2 unit kerucut speaker, 1 unit power supply, 2 unit alat elektronik.

Untuk menghasilkan 1 unit Stereo butuh 1 unit chasis, 2 unit kerucut speaker, 1 unit power supply, 1 unit alat elektronik.

Untuk menghasilkan 1 unit Speaker butuh 1 unit kerucut speaker, 1 unit alat elektronik.

Keuntungan 1 unit TV adalah 175, stereo adalah 75 dan speaker adalah 50 (angka-angka keuntungan dalam ribu rupiah).

Dalam linear programming, masalah tersebut dapat diformulasikan dalam model matematik yang meliputi tiga tahap :

**A. Variabel Keputusan:** Menentukan variabel yang tak diketahui (variabel keputusan) dan menyatakan dalam simbol matematik

Tiga variabel dalam masalah ini adalah produk Televisi, Stereo dan Speaker yang harus dihasilkan.

Jumlah ini dapat dilambangkan sebagai :

TV = jumlah produk televisi

ST = jumlah produk stereo

SP = jumlah produk speaker

**B. Fungsi tujuan:** Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan

Tujuan masalah kita adalah memaksimalkan keuntungan total. Jelas bahwa keuntungan adalah jumlah keuntungan yang diperoleh dari masing-masing produk. Keuntungan dari produk TV adalah perkalian antara jumlah produk TV dengan keuntungan per unit (175).

Keuntungan produk stereo dan speaker ditentukan dengan cara serupa. Sehingga keuntungan total  $Z$ , dapat ditulis :

$$Z = 175TV + 75ST + 50SP$$

**C. Fungsi kendala:** Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan dan pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah itu

Dalam masalah ini kendalanya adalah bahan mentah (komponen) yang terbatas.

Kendala chasis: Chasis yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit TV adalah 1 unit, untuk stereo 1 unit, sedangkan persediaan chasis sebanyak 425 unit. Sehingga fungsi kendala untuk chasis dapat dirumuskan:

$$1TV + 1ST \leq 425$$

Kendala tabung gambar: Tabung gambar yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit TV adalah 1 unit tabung gambar, sedangkan produk lain tidak butuh tabung gambar. Persediaan tabung gambar sebanyak 250 unit, sehingga fungsi kendala untuk tabung gambar dapat dirumuskan:

$$1TV \leq 250$$

Kendala kerucut speaker: Kerucut speaker yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit TV adalah 2 unit, untuk stereo 2 unit, dan untuk speaker 1 unit. Persediaan kerucut speaker sebanyak 700 unit. Sehingga fungsi kendala untuk chasis dapat dirumuskan:

$$2TV + 2ST + 1SP \leq 700$$

Kendala power supply: Power Supply yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit TV adalah 1 unit dan untuk stereo 1 unit. Persediaan power supply sebanyak 450 unit. Sehingga fungsi kendala untuk power supply dapat dirumuskan:

$$1TV + 1ST \leq 450$$

Kendala alat elektronik: Alat elektronik yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit TV adalah 2 paket, untuk stereo 2 paket, dan untuk speaker 1 paket. Persediaan kerucut speaker sebanyak 650 paket. Sehingga fungsi kendala untuk alat elektronik dapat dirumuskan:

$$2TV + 2ST + 1SP \leq 650$$

Kita juga membatasi masing-masing variabel hanya pada nilai positif, karena tidak mungkin untuk menghasilkan jumlah produk negatif. Kendala-kendala ini dikenal dengan non negativity constraints dan secara matematis dapat ditulis :

$$TV \geq 0, ST \geq 0, SP \geq 0 \text{ atau } TV, ST, SP \geq 0$$

Pertanyaan yang timbul adalah mengapa kendala dituliskan dengan tanda pertidaksamaan ( $\leq$ ), bukannya persamaan ( $=$ ). Persamaan secara tidak langsung mengatakan bahwa seluruh kapasitas sumber daya digunakan, sementara dalam pertidaksamaan memperbolehkan penggunaan kapasitas secara penuh maupun penggunaan sebagian kapasitas. Dalam beberapa

kasus suatu solusi dengan mengizinkan adanya kapasitas sumberdaya yang tak terpakai akan memberikan solusi yang lebih baik, yang berarti keuntungan lebih besar, dari pada penggunaan seluruh sumber daya. Jadi, pertidaksamaan menunjukkan keluwesan.

Dari tiga tahapan tersebut, formulasi LP secara lengkap dapat ditulis :

$$\text{Maksimumkan } Z = 175TV + 75ST + 50SP$$

Dengan kendala:

$$1TV + 1ST \leq 425$$

$$1TV \leq 250$$

$$2TV + 2ST + 1SP \leq 700$$

$$1TV + 1ST \leq 450$$

$$2TV + 2ST + 1SP \leq 650$$

$$TV, ST, SP \geq 0$$

Setelah merumuskan model linear programming tersebut, sekarang kita masuk ke aplikasinya dalam Solver Excel untuk memecahkan (mencari optimisasinya).

Buka program Excelnya, dan perhatikan tampilan di bawah ini:

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3				TV	Stereo	Speaker
4		Jumlah Produksi	----->			
5	Komponen	Persediaan	Digunakan			
6	Chasis	425	0	1	1	0
7	Tabung Gambar	250	0	1	0	0
8	Kerucut Speaker	700	0	2	2	1
9	Power Supply	450	0	1	1	0
10	Alat Elektronik	650	0	2	1	1
11				Keuntungan:		
12		Masing-Masing Produk		0	0	0
13		Total				

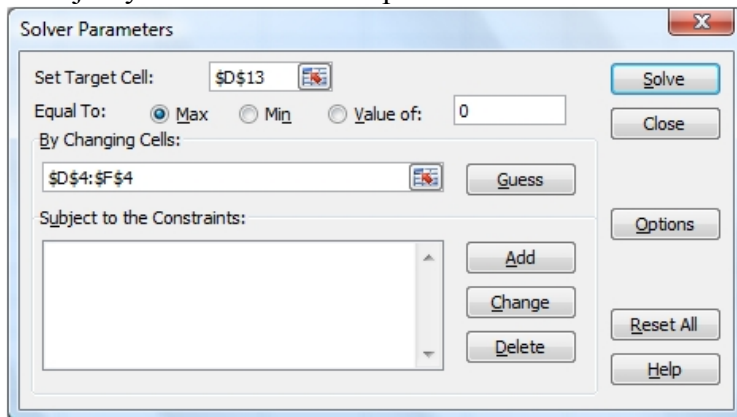
1. Judul-judul dan nama-nama silakan Anda ketik, sesuai dengan keinginan (asal selnya jangan berbeda ya, nanti bingung ngikutin). Atau silakan saja ikuti seperti tampilan 1 diatas.
2. Ketik jumlah persediaan masing-masing komponen mulai dari sel B6 sampai sel B10
3. Ketik fungsi kendala pada range D6:F10. Perhatikan, hanya koefisiennya (angkanya) yang kita masukkan. Untuk contoh, fungsi kendala chasis, kita masukkan 1 1 0. Kenapa ada angka 0, karena dalam fungsi kendala chasis tidak ada speaker di situ (chasis tidak dibutuhkan untuk membuat speaker)
4. Pada sel C6 tuliskan rumus berikut:  $=D6*E6+D6*E6+D6*F6$ . Setelah mengetik rumus tersebut, kopi sampai ke sel C10. Ini artinya kita mengalikan antara jumlah produksi dengan

kebutuhan komponen. Gunanya, untuk membandingkan antara persediaan dengan yang digunakan.

5. Ketik fungsi tujuan pada range D12:F12. Caranya. Pada sel D12 ketik rumus:  $=175*D4$ . Pada sel E12 ketik rumus:  $=75*E4$ , dan pada sel F12 ketik rumus  $=50*F4$ . Angka-angka ini sesuai dengan fungsi tujuan.
6. Pada sel D13, ketik:  $=SUM(D12:F12)$ . Ini artinya kita menjumlahkan semua keuntungan dari masing-masing produk.

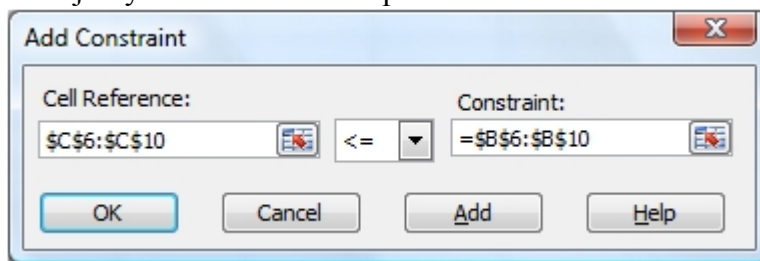
Setelah mempersiapkan semua data tersebut, kemudian klik **Tool** kemudian **Data Analysis** kemudian **Solver** (urutan ini kadang-kadang tidak sama pada berbagai versi MS Office. Yang penting, Anda dapatkan menu Solver, dan kemudian di klik).

Selanjutnya akan muncul tampilan **Solver Parameters** berikut:



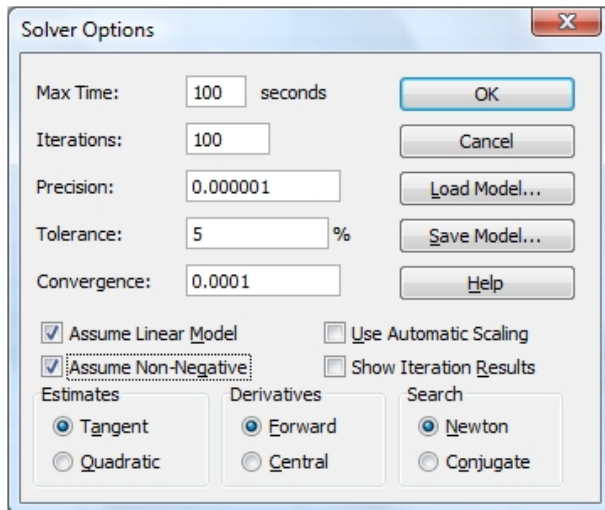
Isikan (atau blok) **Set Target Cel** dengan \$D\$13 (lokasi hasil total keuntungan). Klik **Equal To:** pada **Max**. Isikan (atau blok) **By Changing Cells:** dengan \$D\$4:\$F\$4 (lokasi hasil perhitungan produk). Kemudian klik **Add** untuk mengisikan fungsi kendala.

Selanjutnya akan muncul tampilan berikut:



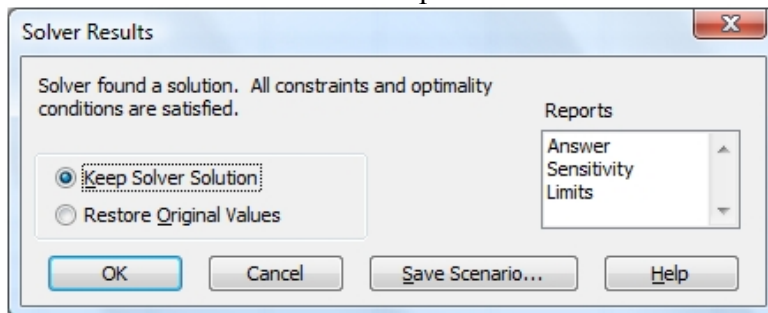
Isikan (atau blok) pada **Cell Reference:** \$C\$6:\$C\$10, isian tengahnya pilih  $\leq$ , kemudian isikan (blok) pada **Constraint:**  $=B$6:$B$10$ . Ini artinya, kita menyatakan bahwa penggunaan komponen tidak boleh lebih besar dari sumberdaya seperti yang kita nyatakan pada fungsi kendala.

Selanjutnya, klik **OK**, maka akan muncul kembali tampilan **Solver Paramaters** seperti diatas. Setelah itu, klik **Options**, maka akan muncul tampilan berikut:



Contenglah *Assume Linear Model* untuk menyatakan model kita adalah model Linear Programming. Contenglah *Assume Non-Negative* untuk menyatakan dalam fungsi kendala kita tidak boleh ada nilai produk yang negatif (Pilihan-pilihan lain kita abaikan dulu). Kemudian klik **OK**.

Setelah klik **OK**, akan muncul kembali tampilan *Solver Parameter* seperti sebelumnya. Setelah itu klik **Solve**. Akan muncul tampilan berikut:



Klik **OK**, maka akan keluar hasil optimisasi yang kita inginkan

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3				TV	Stereo	Speaker
4		Jumlah Produksi	----->	250	50	100
5	Komponen	Persediaan	Digunakan			
6	Chasis	425	300	1	1	0
7	Tabung Gambar	250	250	1	0	0
8	Kerucut Speaker	700	700	2	2	1
9	Power Supply	450	300	1	1	0
10	Alat Elektronik	650	650	2	1	1
11				Keuntungan:		
12		Masing-Masing Produk		43750	3750	5000
13			Total	52500		
14						

Perhatikan pada range D4:F4. Agar keuntungan maksimum, maka disarankan untuk memproduksi TV sebanyak 250 unit, Stereo sebanyak 50 unit dan Speaker sebanyak 100 unit. Perhatikan range C6:C10. Itu adalah jumlah komponen yang terpakai. Perhatikan range D12:F12. Itu adalah keuntungan untuk masing-masing produk dari produksi yang dihasilkan. Sedangkan total keuntungan terlihat pada sel D13.

### III. Aplikasi Minimisasi Biaya Transportasi

Pada bagian ini ini akan dibahas mengenai aplikasi masalah transportasi pada Solver Excel. **Permasalahan:** Perusahaan anda memiliki dua pabrik (pabrik 1 dan pabrik 2), memiliki lima daerah pemasaran (Daerah A, B,C,D,E). Masing-masing pabrik memiliki kapasitas produksi yang berbeda, dan masing-masing daerah memiliki batasan permintaan yang juga berbeda. Kapasitas produksi pabrik 1 sebanyak 75.000 unit, pabrik 2 sebanyak 65.000 unit. Permintaan di daerah A sebanyak 25.000 unit, daerah B sebanyak 24.000 unit daerah C sebanyak 25.000 unit, daerah D sebanyak 35.000 unit dan daerah E sebanyak 16.000 unit

Biaya transport untuk pengiriman dari pabrik ke masing-masing daerah sebagai berikut:

<i>Biaya transport (Ribu Rp per unit barang)</i>					
	<i>Tujuan</i>				
	Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E
Pabrik 1	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5
Pabrik 2	1.5	2.5	2.0	1.5	2.0

Bagaimana perusahaan mendistribusikan produknya untuk memenuhi permintaan masing-masing daerah dengan batasan produksi masing-masing pabrik, agar biaya minimum pengiriman tercapai?

Dalam linear programming, masalah kita tersebut dapat diformulasikan dalam model matematik yang meliputi tiga tahap :



**A. Variabel Keputusan:** Menentukan variabel yang tak diketahui (variabel keputusan) dan menyatakan dalam simbol matematik

Variabel keputusan dalam masalah ini adalah jumlah barang yang dikirimkan dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah.

Jumlah ini dapat dilambangkan sebagai :

$P_{1A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah A

$P_{1B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah B

$P_{1C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah C

$P_{1D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah D

$P_{1E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah E

$P_{2A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah A

$P_{2B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah B

$P_{2C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah C

$P_{2D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah D

$P_{2E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah E

**B. Fungsi tujuan:** Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan

Tujuan masalah kita adalah meminimumkan biaya transportasi total. Jelas bahwa biaya transport adalah jumlah biaya dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah. Biaya dari pabrik 1 ke daerah A adalah perkalian antara jumlah produk yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah A dengan biaya transport per unit (2). Dengan cara serupa juga dapat dihitung untuk pabrik dan daerah lainnya. Sehingga total biaya transport  $Z$ , dapat ditulis :

$$Z = 2P_{1A} + 2P_{1B} + 2P_{1C} + 1.5P_{1D} + 2.5P_{1E} + 1.5P_{2A} + 2.5P_{2B} + 2.0P_{2C} + 1.5P_{2D} + 2P_{2E}$$

**C. Fungsi kendala:** Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan dan pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah itu

Dalam masalah ini ada dua kendalanya yaitu kendala permintaan dan kendala produksi. Total barang yang diterima di masing-masing daerah harus lebih besar atau sama dengan permintaan daerah tersebut, serta total barang yang dikirimkan dari masing-masingpabrik harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas produksi pabrik tersebut.

Kendala permintaan:

$$\text{Daerah A: } P_{1A} + P_{2A} \geq 25.000$$

$$\text{Daerah B: } P_{1B} + P_{2B} \geq 24.000$$

$$\text{Daerah C: } P_{1C} + P_{2C} \geq 25.000$$

$$\text{Daerah D: } P_{1D} + P_{2D} \geq 35.000$$

$$\text{Daerah E: } P_{1E} + P_{2E} \geq 16.000$$

Kendala produksi:

$$\text{Pabrik 1: } P1A + P1B + P1C + P1D + P1E \leq 75.000$$

$$\text{Pabrik 2: } P2A + P2B + P2C + P2D + P2E \leq 65.000$$

Kita juga membatasi masing-masing variabel hanya pada nilai positif, karena tidak mungkin unit barang yang dikirimkan negatif. Kendala-kendala ini dikenal dengan non negativity constraints dan secara matematis dapat ditulis :

$$P1A, P1B, P1C, P1D, P1E, P2A, P2B, P2C, P2D, P2E \geq 0$$

Dari tiga tahapan tersebut, formulasi LP secara lengkap dapat ditulis :

$$\text{Minimumkan } Z = 2P_{1A} + 2P_{1B} + 2P_{1C} + 1.5P_{1D} + 2.5P_{1E} + 1.5P_{2A} + 2.5P_{2B} + 2.0P_{2C} + 1.5P_{2D} + 2P_{2E}$$

Dengan kendala:

$$P1A + P2A \geq 25.000$$

$$P1B + P2B \geq 24.000$$

$$P1C + P2C \geq 25.000$$

$$P1D + P2D \geq 35.000$$

$$P1E + P2E \geq 16.000$$

$$P1A + P1B + P1C + P1D + P1E \leq 75.000$$

$$P2A + P2B + P2C + P2D + P2E \leq 65.000$$

$$P1A, P1B, P1C, P1D, P1E, P2A, P2B, P2C, P2D, P2E \geq 0$$

Nah setelah merumuskan model linear programming tersebut, sekarang kita masuk ke aplikasinya dalam Solver Excel untuk memecahkan (mencari optimisasinya).

Buka program Excelnya, dan perhatikan tampilan di bawah ini:

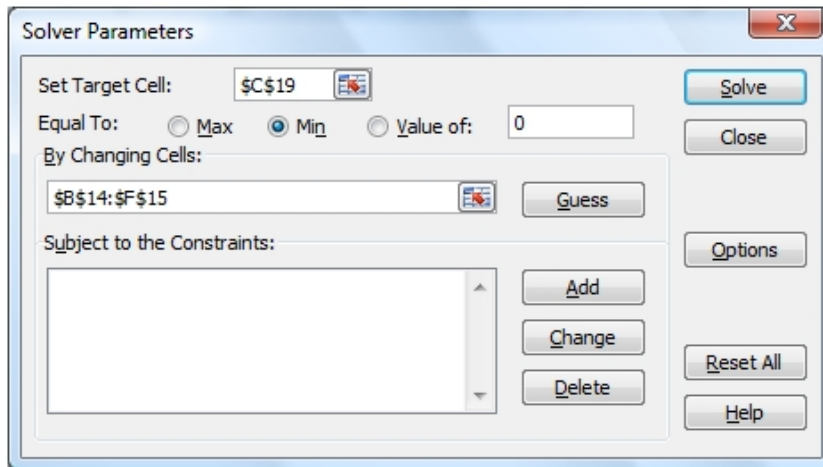
	A	B	C	D	E	F	G	H
6	<i>Biaya transport (ribu Rp per unit barang)</i>							
7	<i>Tujuan</i>							
8		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E		
9	Pabrik 1	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5		
10	Pabrik 2	1.5	2.5	2.0	1.5	2.0		
11								
12	<i>Jumlah barang dikirimkan</i>							
13		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total	Kapasitas
14	Pabrik 1	0	0	0	0	0	0	75,000
15	Pabrik 2	0	0	0	0	0	0	65,000
16	Total	0	0	0	0	0		
17	Permintaan	25,000	24,000	25,000	35,000	16,000		
18								
19	<i>Total Biaya Pengiriman</i>		\$0					
20								

1. Judul-judul dan nama-nama silakan Anda ketik, sesuai dengan keinginan (asal selnya jangan berbeda ya, nanti bingung ngikutin). Atau silakan saja ikuti seperti tampilan 1 diatas.

2. Ketik biaya transpor per unit barang dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah mulai dari sel B9 sampai sel F10
3. Ketik kapasitas pabrik 1 dan 2 masing-masing di sel H14 dan H15.
4. Ketik jumlah permintaan masing-masing daerah mulai dari sel B17 sampai F17.
5. Ketik rumus: =SUM(B14:F14) pada sel G14. Kopi ke G15. Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman dari masing-masing pabrik.
6. Ketik rumus: =SUM(B14:B15) pada sel B17. Kopi sampai sel F17.). Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman barang dari pabrik 1 dan 2 ke masing-masing daerah.
7. Ketik rumus: =SUMPRODUCT(B9:F10,B14:F15). Ini artinya, kita mengalikan antara biaya pengiriman perunit barang dengan jumlah barang yang dikirimkan.

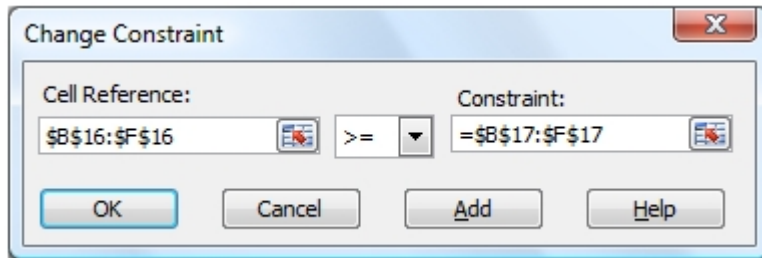
Setelah mempersiapkan semua data tersebut, kemudian klik **Tool** kemudian **Data Analysis** kemudian **Solver** (urutan ini kadang-kadang tidak sama pada berbagai versi MS Office. Yang penting, Anda dapatkan menu Solver, dan kemudian di klik).

Selanjutnya akan muncul tampilan **Solver Parameters** berikut:



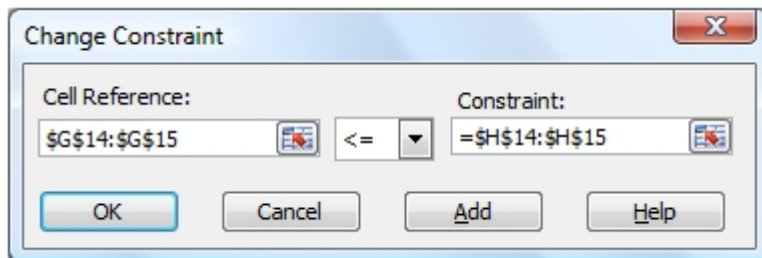
Isikan (atau blok) **Set Target Cel** dengan \$C\$19 (lokasi hasil total biaya). Klik **Equal To:** pada **Min**. Isikan (atau blok) **By Changing Cells:** dengan \$B\$14:\$F\$15 (lokasi hasil perhitungan barang yang dikirimkan). Kemudian klik **Add** untuk mengisikan fungsi kendala.

Selanjutnya akan muncul tampilan berikut:



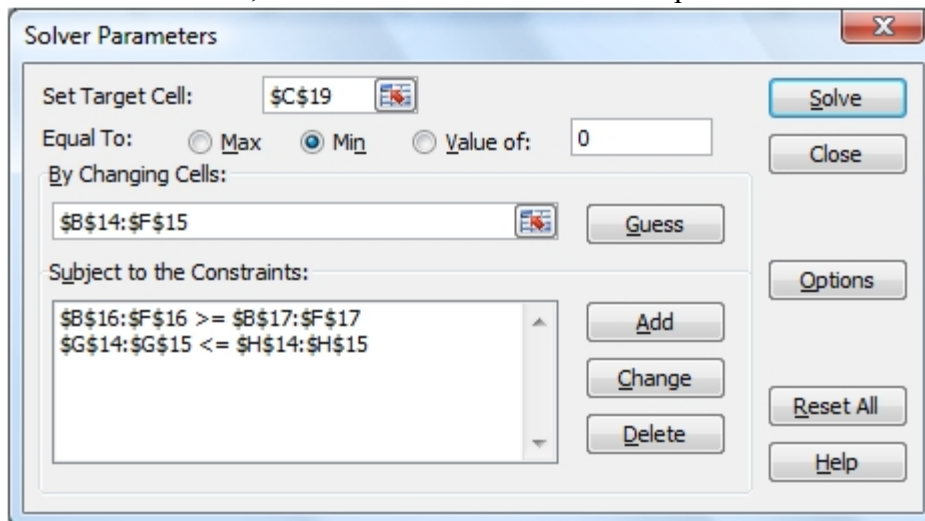
Isikan (atau blok) pada **Cell Reference**: \$B\$16:\$F\$16, ditengahnya pilih tanda >=, kemudian isikan (blok) pada **Constraint**: =\$B\$17:\$F\$17. Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang diterima di masing-masing daerah harus lebih besar atau sama dengan permintaannya, seperti yang kita nyatakan pada fungsi kendala.

Selanjutnya, klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala kedua seperti tampilan berikut:

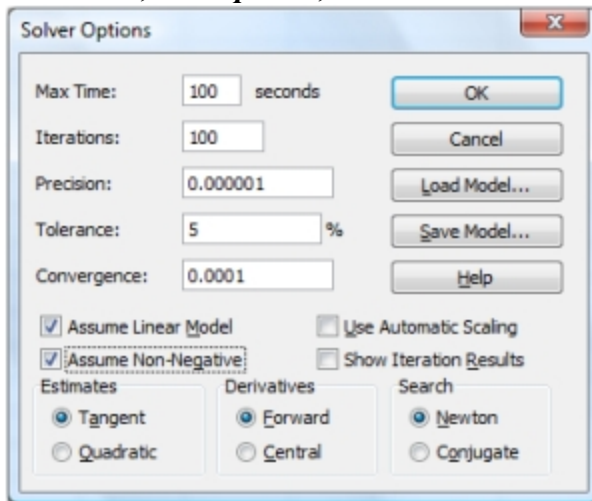


Isikan (atau blok) pada **Cell Reference**: \$G\$14:\$G\$15, ditengahnya pilih tanda <=, kemudian isikan (blok) pada **Constraint**: =\$H\$14:\$H\$15. Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang dikirimkan dari masing-masing pabrik harus lebih kecil atau sama dengan kapasitasnya, seperti yang kita nyatakan pada fungsi kendala.

Setelah itu klik **OK**, maka akan muncul kembali tampilan **Solver Parameters** seperti berikut:

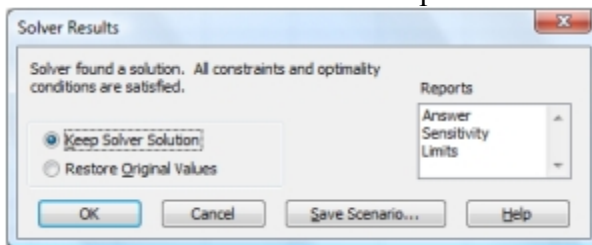


Setelah itu, klik **Options**, maka akan muncul tampilan berikut:



Contenglah **Assume Linear Model** untuk menyatakan model kita adalah model Linear Programming. Contenglah **Assume Non-Negative** untuk menyatakan dalam fungsi kendala kita tidak boleh ada nilai produk yang negatif (Pilihan-pilihan lain kita abaikan dulu). Kemudian klik **OK**.

Setelah klik **OK**, akan muncul kembali tampilan **Solver Parameter** seperti sebelumnya. Setelah itu klik **Solve**. Akan muncul tampilan berikut:



Klik **OK**, maka akan keluar hasil optimisasi yang kita inginkan

	A	B	C	D	E	F	G	H
5								
6	<b>Biaya transport (ribu Rp per unit barang)</b>							
7	<i>Tujuan</i>							
8		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E		
9	Pabrik 1	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5		
10	Pabrik 2	1,5	2,5	2,0	1,5	2,0		
11								
12	<b>Jumlah barang dikirimkan</b>							
13		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total	Kapasitas
14	Pabrik 1	0	24,000	16,000	35,000	0	75,000	75,000
15	Pabrik 2	25,000	0	9,000	0	16,000	50,000	65,000
16	Total	25,000	24,000	25,000	35,000	16,000		
17	Permintaan	25,000	24,000	25,000	35,000	16,000		
18								
19	<b>Total Biaya Pengiriman</b>		220,000					
20								
21								

Perhatikan pada range B14:F15. Agar biaya transport minimum, maka disarankan untuk mengirimkan dari pabrik 1 ke daerah B sebanyak 24.000 unit, ke daerah C sebanyak 16.000 unit dan ke daerah D sebanyak 35.000 unit. Dari pabrik 2 dikirimkan ke Daerah A sebanyak 25.000 unit, ke daerah C sebanyak 9.000 unit dan ke Daerah E sebanyak 16.000 unit.

Dengan distribusi seperti ini, akan dicapai biaya transpor minimum sebesar Rp 220.000 ribu. (lihat sel C19)

#### IV. Minimisasi Biaya Transportasi Dua Tingkat

Pada bagian ini akan membahas aplikasi Solver pada transportasi, tetapi dengan permasalahan yang kita kenal dengan transportasi dua tingkat (2-stage transport).

##### **Permasalahan:**

Perusahaan anda memiliki dua pabrik (P1 dan P2), memiliki empat gudang (G1, G2, G3 dan G4) serta lima daerah pemasaran (Daerah A, B,C,D,E). Masing-masing pabrik memiliki kapasitas produksi yang berbeda, masing-masing gudang memiliki kapasitas penyimpanan yang berbeda dan masing-masing daerah memiliki batasan permintaan yang juga berbeda. Kapasitas produksi pabrik 1 sebanyak 75.000 unit, pabrik 2 sebanyak 65.000 unit. Kapasitas penyimpanan gudang 1 sebanyak 45.000 unit, gudang 2 sebanyak 20.000 unit, gudang 3 sebanyak 30.000 unit dan gudang 4 sebanyak 15.000 unit. Permintaan di daerah A sebanyak 25.000 unit, daerah B sebanyak 24.000 unit daerah C sebanyak 25.000 unit, daerah D sebanyak 35.000 unit dan daerah E sebanyak 16.000 unit.

Biaya transport untuk pengiriman dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang dan daerah, serta dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah sebagai berikut:

<i>Biaya pengiriman (Ribu Rp/unit)</i>					
	<i>Tujuan</i>				
	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4	
Pabrik 1	1.0	0.5	1.0	0.2	
Pabrik 2	1.5	0.3	0.5	0.2	
	Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E
Pabrik 1	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5
Pabrik 2	2.0	2.5	2.5	1.5	1.0
	Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E
Gudang 1	1.0	1.5	0.5	1.5	3.0
Gudang 2	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5
Gudang 3	1.0	1.5	1.0	2.0	0.5
Gudang 4	2.5	1.5	0.2	1.5	0.5

Perusahaan ingin meminimumkan biaya pengiriman produk dari pabrik ke gudang, dari pabrik ke daerah pasar dan dari gudang ke daerah pasar. Jumlah produk yang diterima gudang dari pabrik harus sama dengan jumlah produk yang keluar dari gudang ke daerah pasar. Bagaimana perusahaan mendistribusikan produknya?

Dalam linear programming, masalah kita tersebut dapat diformulasikan dalam model matematik yang meliputi tiga tahap :

**A. Variabel Keputusan:** Menentukan variabel yang tak diketahui (variabel keputusan) dan menyatakan dalam simbol matematik

Variabel keputusan dalam masalah ini adalah jumlah barang yang dikirimkan dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang, dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah pasar dan dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah pasar.

Jumlah ini dapat dilambangkan sebagai :

$P_{11}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke gudang 1

$P_{12}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke gudang 2

$P_{13}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke gudang 3

$P_{14}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke gudang 4

$P_{21}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke gudang 1

$P_{22}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke gudang 2

$P_{23}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke gudang 3

$P_{24}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke gudang 4

$P_{1A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah A

$P_{1B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah B

$P_{1C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah C

$P_{1D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah D

$P_{1E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 1 ke daerah E

$P_{2A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah A

$P_{2B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah B

$P_{2C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah C

$P_{2D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah D

$P_{2E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari pabrik 2 ke daerah E

$G_{1A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 1 ke daerah A

$G_{1B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 1 ke daerah B

$G_{1C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 1 ke daerah C

$G_{1D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 1 ke daerah D

$G_{1E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 1 ke daerah E

$G_{2A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 2 ke daerah A

$G_{2B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 2 ke daerah B  
 $G_{2C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 2 ke daerah C  
 $G_{2D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 2 ke daerah D  
 $G_{2E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 2 ke daerah E  
 $G_{3A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 3 ke daerah A  
 $G_{3B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 3 ke daerah B  
 $G_{3C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 3 ke daerah C  
 $G_{3D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 3 ke daerah D  
 $G_{3E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 3 ke daerah E  
 $G_{4A}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 4 ke daerah A  
 $G_{4B}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 4 ke daerah B  
 $G_{4C}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 4 ke daerah C  
 $G_{4D}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 4 ke daerah D  
 $G_{4E}$  = jumlah barang yang dikirimkan dari gudang 4 ke daerah E

**B. Fungsi tujuan:** Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan

Tujuan masalah kita adalah meminimumkan biaya transportasi total. Jelas bahwa biaya transport adalah jumlah biaya dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang, dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah pasar dan dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah pasar. Biaya dari pabrik 1 ke gudang 1 adalah perkalian antara jumlah produk yang dikirimkan dari pabrik 1 ke gudang 1 dengan biaya transport per unit (1). Dengan cara serupa juga dapat dihitung untuk pabrik, gudang dan daerah lainnya. Sehingga total biaya transport  $Z$ , dapat ditulis :

$$\begin{aligned}
 Z = & P_{11} + 0.5P_{12} + P_{13} + P_{14} + 1.5P_{21} + 0.3P_{22} + 0.5P_{23} + 0.2P_{24} + 1.5P_{1A} + 2.5P_{1B} + \\
 & 1.5P_{1C} + 2P_{1D} + 1.5P_{1E} + 2P_{2A} + 2.5P_{2B} + 2.5P_{2C} + 1.5P_{2D} + P_{2E} + G_{1A} + 1.5G_{1B} + \\
 & 0.5G_{1C} + 1.5G_{1D} + 3G_{1E} + G_{2A} + 0.5G_{2B} + 0.5G_{2C} + G_{2D} + 0.5G_{2E} + G_{3A} + 1.5G_{3B} + G_{3C} + \\
 & 2G_{3D} + 0.5G_{3E} + 2.5G_{4A} + 1.5G_{4B} + 0.2G_{4C} + 1.5G_{4D} + 0.5G_{4E}
 \end{aligned}$$

**C. Fungsi kendala:** Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan dan pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah itu

Dalam masalah ini ada tiga kendalanya yaitu kendala permintaan, kendala kapasitas penyimpanan gudang dan kendala produksi. Total barang yang diterima di masing-masing daerah harus lebih besar atau sama dengan permintaan daerah tersebut, total barang yang dikirimkan ke gudang harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas gudang, serta total barang yang dikirimkan dari masing-masing pabrik harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas produksi pabrik tersebut. Selain tiga kendala tersebut, terdapat kendala lainnya dari gudang



yaitu total barang yang keluar dari gudang harus sama dengan total barang yang masuk ke gudang (mengapa ada kendala tambahan ini, akan diperjelas pada pembahasan Solver pada seri berikutnya).

Kendala permintaan:

$$\text{Daerah A: } P1A + P2A + G1A + G2A + G3A + G4A \geq 25.000$$

$$\text{Daerah B: } P1B + P2B + G1B + G2B + G3B + G4B \geq 24.000$$

$$\text{Daerah C: } P1C + P2C + G1C + G2C + G3C + G4C \geq 25.000$$

$$\text{Daerah D: } P1D + P2D + G1D + G2D + G3D + G4D \geq 35.000$$

$$\text{Daerah E: } P1E + P2E + G1E + G2E + G3E + G4E \geq 16.000$$

Kendala kapasitas penyimpanan gudang

$$\text{Gudang 1: } P11 + P21 \leq 45.000$$

$$\text{Gudang 2: } P12 + P22 \leq 20.000$$

$$\text{Gudang 3: } P13 + P23 \leq 30.000$$

$$\text{Gudang 4: } P14 + P24 \leq 15.000$$

Kendala produksi:

$$\text{Pabrik 1: } P1A + P1B + P1C + P1D + P1E + P11 + P12 + P13 + P14 \leq 60.000$$

$$\text{Pabrik 2: } P2A + P2B + P2C + P2D + P2E + P21 + P22 + P23 + P24 \leq 65.000$$

Kendala barang masuk gudang = barang keluar dari gudang

$$\text{Gudang 1: } P11 + P21 - G1A - G1B - G1C - G1D - G1E = 0$$

$$\text{Gudang 2: } P12 + P22 - G2A - G2B - G2C - G2D - G2E = 0$$

$$\text{Gudang 3: } P13 + P23 - G3A - G3B - G3C - G3D - G3E = 0$$

$$\text{Gudang 4: } P14 + P24 - G4A - G4B - G4C - G4D - G4E = 0$$

Kita juga membatasi masing-masing variabel hanya pada nilai positif, karena tidak mungkin unit barang yang dikirimkan negatif. Kendala-kendala ini dikenal dengan non negativity constraints dan secara matematis dapat ditulis :

$$P11, P12, P13, P14, P21, P22, P23, P24, P1A, P1B, P1C, P1D, P1E, P2A, P2B, P2C, P2D, P2E, G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G2A, G2B, G2C, G2D, G2E, G3A, G3B, G3C, G3D, G3E, G4A, G4B, G4C, G4D, G4E \geq 0$$

Dari tiga tahapan tersebut, formulasi LP secara lengkap dapat ditulis :

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan } Z = & P11 + 0.5P12 + P13 + P14 + 1.5P21 + 0.3P22 + 0.5P23 + 0.2P24 + 1.5P1A + \\ & 2.5P1B + 1.5P1C + 2P1D + 1.5P1E + 2P2A + 2.5P2B + 2.5P2C + 1.5P2D + P2E + G1A + 1.5G1B + \\ & 0.5G1C + 1.5G1D + 3G1E + G2A + 0.5G2B + 0.5G2C + G2D + 0.5G2E + G3A + 1.5G3B + G3C + \\ & 2G3D + 0.5G3E + 2.5G4A + 1.5G4B + 0.2G4C + 1.5G4D + 0.5G4E \end{aligned}$$

Dengan kendala:

$$P1A + P2A + G1A + G2A + G3A + G4A \geq 25.000$$

$$P1B + P2B + G1B + G2B + G3B + G4B \geq 24.000$$

$$P1C + P2C + G1C + G2C + G3C + G4C \geq 25.000$$

$$P1D + P2D + G1D + G2D + G3D + G4D \geq 35.000$$

$$P1E + P2E + G1E + G2E + G3E + G4E \geq 16.000$$

$$P11 + P21 \leq 45.000$$

$$P12 + P22 \leq 20.000$$

$$P13 + P23 \leq 30.000$$

$$P14 + P24 \leq 15.000$$

$$P1A + P1B + P1C + P1D + P1E + P11 + P12 + P13 + P14 \leq 60.000$$

$$P2A + P2B + P2C + P2D + P2E + P21 + P22 + P23 + P24 \leq 65.000$$

$$P11 + P21 - G1A - G1B - G1C - G1D - G1E = 0$$

$$P12 + P22 - G2A - G2B - G2C - G2D - G2E = 0$$

$$P13 + P23 - G3A - G3B - G3C - G3D - G3E = 0$$

$$P14 + P24 - G4A - G4B - G4C - G4D - G4E = 0$$

$$P11, P12, P13, P14, P21, P22, P23, P24, P1A, P1B, P1C, P1D, P1E, P2A, P2B, P2C, P2D, P2E, G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G2A, G2B, G2C, G2D, G2E, G3A, G3B, G3C, G3D, G3E, G4A, G4B, G4C, G4D, G4E \geq 0$$

Nah setelah merumuskan model linear programming tersebut, sekarang kita masuk ke aplikasinya dalam Solver Excel untuk memecahkan (mencari optimisasinya).

Buka program Excelnya, dan perhatikan tampilan di bawah ini:

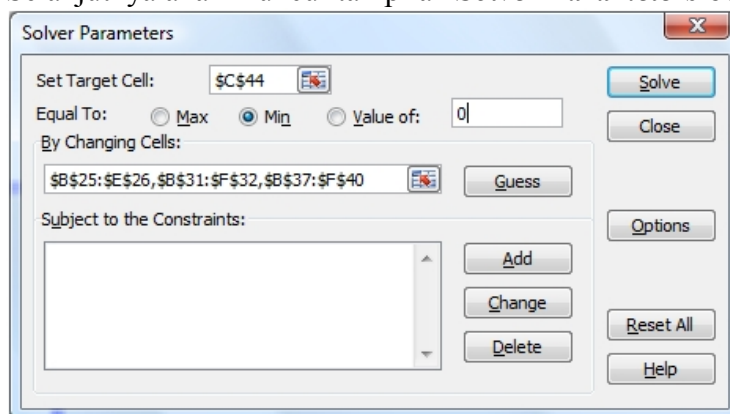
	A	B	C	D	E	F	G	H
7	<b>Biaya pengiriman (Ribu Rp/unit)</b>							
8		<i>Tujuan</i>						
9		Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4			
10	Pabrik 1	1.0	0.5	1.0	0.2			
11	Pabrik 2	1.5	0.3	0.5	0.2			
12								
13		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E		
14	Pabrik 1	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5		
15	Pabrik 2	2.0	2.5	2.5	1.5	1.0		
16								
17		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E		
18	Gudang 1	1.0	1.5	0.5	1.5	3.0		
19	Gudang 2	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5		
20	Gudang 3	1.0	1.5	1.0	2.0	0.5		
21	Gudang 4	2.5	1.5	0.2	1.5	0.5		
23	<b>Jumlah Produk yang dikirimkan</b>							
24		Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4	Total		
25	Pabrik 1	0	0	0	0	0		
26	Pabrik 2	0	0	0	0	0		
27	Total	0	0	0	0	0		
28	Kapasitas	45,000	20,000	30,000	15,000			
29								
30		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total	
31	Pabrik 1	0	0	0	0	0	0	
32	Pabrik 2	0	0	0	0	0	0	
33								
34								
35								
36		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total	
37	Gudang 1	0	0	0	0	0	0	
38	Gudang 2	0	0	0	0	0	0	
39	Gudang 3	0	0	0	0	0	0	
40	Gudang 4	0	0	0	0	0	0	
41	Total	0	0	0	0	0	0	
42	Permintaan	25,000	24,000	25,000	35,000	16,000		
44	<b>Total biaya pengiriman</b>	0						

1. Judul-judul dan nama-nama silakan Anda ketik, sesuai dengan keinginan (asal selnya jangan berbeda ya, nanti bingung ngikutin). Atau silakan saja ikuti seperti tampilan 1 diatas.  
Ketik biaya pengiriman per unit barang dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang mulai dari sel B10 sampai sel E11
2. Ketik biaya pengiriman per unit barang dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah mulai dari sel B14 sampai sel F15
3. Ketik biaya pengiriman per unit barang dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah mulai dari sel B18 sampai sel F21
4. Ketik kapasitas masing-masing gudang mulai dari sel B28 sampai E28.
5. Ketik kapasitas pabrik 1 dan 2 masing-masing di sel H33 dan H34.
6. Ketik jumlah permintaan masing-masing daerah mulai dari sel B42 sampai F42.
7. Ketik rumus: =SUM(B25:E25) pada sel F25. Kopi ke F26. Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman dari masing-masing pabrik ke gudang

8. Ketik rumus: =SUM(B25:B26) pada sel B27. Kopi sampai sel E27. Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman barang dari pabrik 1 dan 2 ke masing-masing gudang.
9. Ketik rumus: =SUM(B31:F31) pada sel G31. Kopi ke sel G32. Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman barang dari pabrik 1 dan 2 ke masing-masing daerah.
10. Ketik rumus: =SUM(F25,G31) pada sel G33. Kopi ke sel G34. Ini artinya kita menjumlahkan total pengiriman barang dari pabrik 1 dan 2 baik ke daerah maupun ke gudang.
11. Ketik rumus: =SUM(B37:F37) pada sel G37. Kopi sampai sel G40. Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman barang dari masing-masing gudang ke daerah.
12. Ketik rumus: =SUM(B31:B32,B37:B40) pada sel B41. Kopi sampai sel F41. Ini artinya kita menjumlahkan pengiriman barang pada masing-masing daerah baik dari pabrik maupun gudang.
13. Ketik rumus:  
 =SUMPRODUCT(B10:E11,B25:E26)+SUMPRODUCT(B14:F15,B31:F32)+SUMPRODUCT(B18:F21,B37:F40). Ini artinya, kita mengalikan antara biaya pengiriman perunit barang dengan jumlah barang yang dikirimkan, baik pengiriman dari pabrik ke gudang, dari pabrik ke daerah, maupun dari gudang ke daerah

Setelah mempersiapkan semua data tersebut, kemudian klik **Tool** kemudian **Data Analysis** kemudian **Solver** (urutan ini kadang-kadang tidak sama pada berbagai versi MS Office. Yang penting, Anda dapatkan menu Solver, dan kemudian di klik).

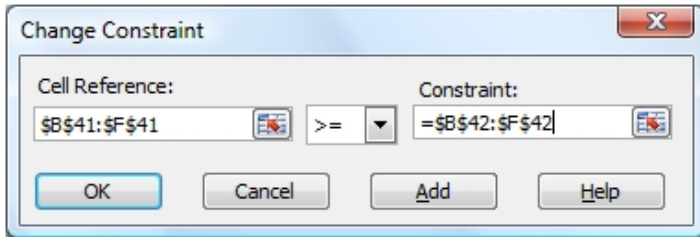
Selanjutnya akan muncul tampilan **Solver Parameters** berikut:



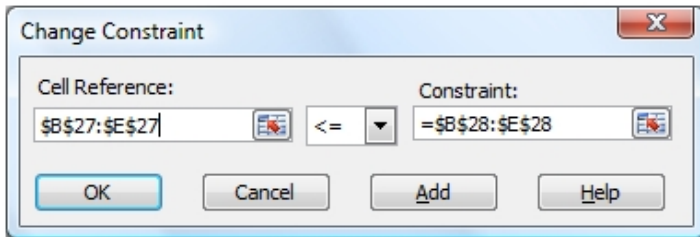
Isikan (atau blok) **Set Target Cell** dengan \$C\$44 (lokasi hasil total biaya). Klik **Equal To** pada **Min**. Isikan (atau blok) **By Changing Cells**: dengan \$B\$25:\$E\$26,\$B\$31:\$F\$32,\$B\$37:\$F\$40 (lokasi hasil perhitungan barang yang dikirimkan).

Kemudian klik **Add** untuk mengisikan fungsi kendala.

Selanjutnya akan muncul tampilan berikut:

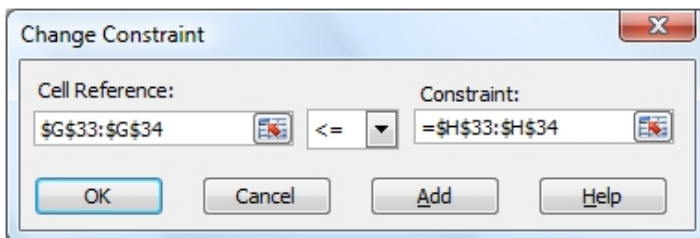


Isikan (atau blok) pada **Cell Reference**: \$B\$41:\$F\$41, ditengahnya pilih tanda >=, kemudian isikan (blok) pada **Constraint**: =\$B\$42:\$F\$42. Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang dikirimkan ke masing-masing daerah baik dari pabrik maupun gudang harus sama atau lebih besar dari permintaan masing-masing daerah, seperti yang kita nyatakan pada fungsi kendala. Klik **OK**, kemudian klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala kedua, seperti tampilan berikut:



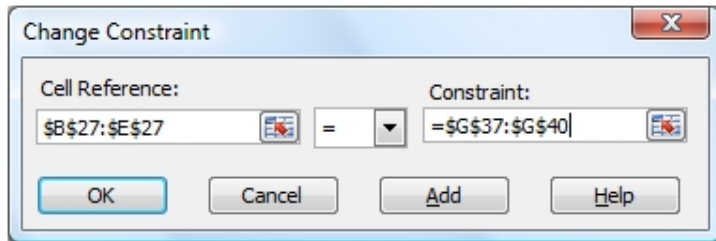
Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang dikirimkan ke masing-masing gudang harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas penyimpanan gudang, seperti yang kita nyatakan pada fungsi kendala.

Klik **OK**, kemudian klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala ketiga, seperti tampilan berikut:



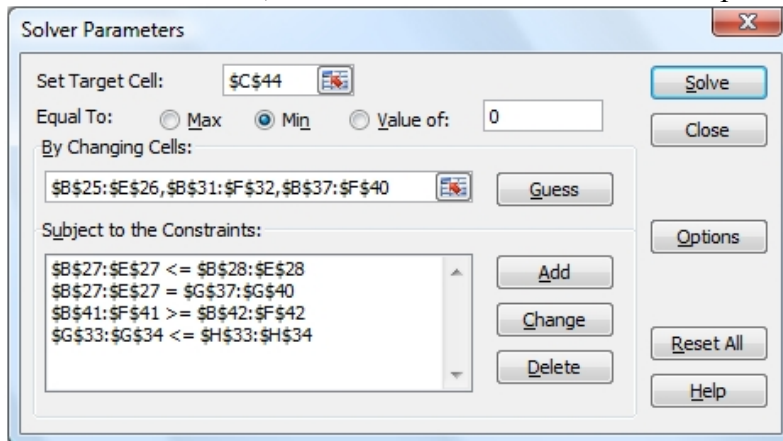
Ini artinya barang yang dikirim dari masing-masing pabrik harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas pabrik

Klik **OK**, kemudian klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala keempat, seperti tampilan berikut:

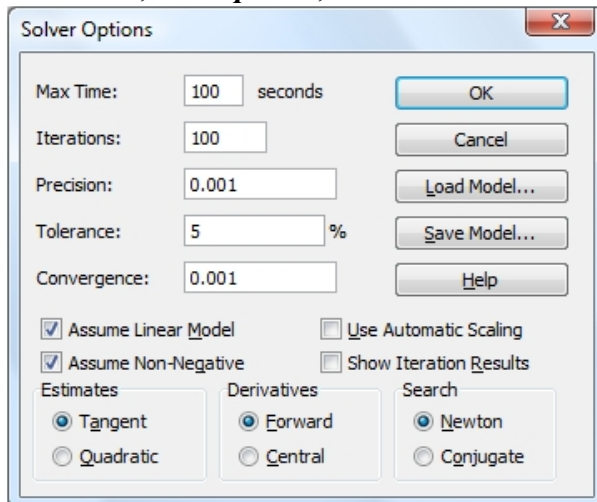


Ini artinya, jumlah barang yang dikirimkan ke masing-masing gudang harus sama dengan jumlah barang yang keluar dari gudang

Setelah itu klik **OK**, maka akan muncul kembali tampilan *Solver Parameters* seperti berikut:

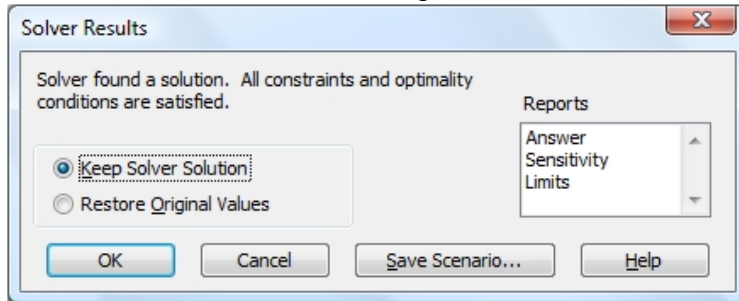


Setelah itu, klik **Options**, maka akan muncul tampilan berikut:



Contenglah *Assume Linear Model* untuk menyatakan model kita adalah model Linear Programming. Contenglah *Assume Non-Negative* untuk menyatakan dalam fungsi kendala kita tidak boleh ada nilai produk yang negatif (Pilihan-pilihan lain kita abaikan dulu). Kemudian klik **OK**.

Setelah klik **OK**, akan muncul kembali tampilan **Solver Parameter** seperti sebelumnya. Setelah itu klik **Solve**. Akan muncul tampilan berikut:



Klik **OK**, maka akan keluar hasil optimisasi yang kita inginkan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
7	<b>Biaya pengiriman (Ribu Rp/unit)</b>									
8	<i>Tujuan</i>									
9		Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4					
10	Pabrik 1	1.0	0.5	1.0	0.2					
11	Pabrik 2	1.5	0.3	0.5	0.2					
12										
13		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E				
14	Pabrik 1	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5				
15	Pabrik 2	2.0	2.5	2.5	1.5	1.0				
16										
17		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E				
18	Gudang 1	1.0	1.5	0.5	1.5	3.0				
19	Gudang 2	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5				
20	Gudang 3	1.0	1.5	1.0	2.0	0.5				
21	Gudang 4	2.5	1.5	0.2	1.5	0.5				
22										
23	<b>Jumlah Produk yang dikirimkan</b>									
24		Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4	Total				
25	Pabrik 1	0	10,000	0	15,000	25,000				
26	Pabrik 2	0	10,000	4,000	0	14,000				
27	Total	0	20,000	4,000	15,000					
28	Kapasitas	45,000	20,000	30,000	15,000					
29										
30		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total			
31	Pabrik 1	25,000	0	10,000	0	0	35,000	Kapasitas		
32	Pabrik 2	0	0	0	35,000	16,000	51,000	Pabrik		
33		Total produk yang dikirimkan dari pabrik 1						60,000	60,000	
34		Total produk yang dikirimkan dari pabrik 2						65,000	65,000	
35										
36		Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total			
37	Gudang 1	0	0	0	0	0	0			
38	Gudang 2	0	20,000	0	0	0	20,000			
39	Gudang 3	0	4,000	0	0	0	4,000			
40	Gudang 4	0	0	15,000	0	0	15,000			
41	Total	25,000	24,000	25,000	35,000	16,000				
42	Permintaan	25,000	24,000	25,000	35,000	16,000				
43										
44	<b>Total biaya pengiriman</b>							153,000		

Perhatikan pada range B25:F26. Agar biaya transport minimum, maka disarankan untuk mengirimkan dari pabrik 1 ke gudang 1 sebanyak 10.000 unit, ke gudang 4 sebanyak 15.000 unit. Dari pabrik 2 dikirimkan ke gudang 2 sebanyak 10.000 unit, ke gudang 3 sebanyak 4.000 unit.

Perhatikan pada range B31:G32, yang menyarankan untuk mengirimkan dari pabrik 1 ke daerah

A sebanyak 25.000 unit, ke daerah C sebanyak 10.000 unit. Dari pabrik 2 dikirimkan ke daerah D sebanyak 35.000 unit, ke daerah E sebanyak 16.000 unit.

Perhatikan pada range B37:G40 yang menyarankan untuk mengirimkan dari gudang 2 ke daerah B sebanyak 20.000 unit. Dari gudang 3 dikirimkan ke daerah B sebanyak 4.000 unit. Dari gudang 4 ke daerah C sebanyak 15.000 unit.

Dengan distribusi seperti ini, akan dicapai biaya transpor minimum sebesar Rp 153.000 ribu. (lihat sel C44)

## **V. Solusi Persoalan Transportasi Dua Tingkat Multi Produk**

Pada bagian ini juga dibahas masalah transportasi dua tingkat tetapi dengan barang yang diproduksi lebih dari satu jenis (2-stage transport, multi-commodity).

### ***Permasalahan:***

Perusahaan anda memiliki dua pabrik (P1 dan P2), memiliki tiga jenis produk yaitu produk 1, produk 2, produk (B1, B2, B3 ), memiliki empat gudang (G1, G2, G3 dan G4) serta lima daerah pemasaran (Daerah A, B,C,D,E). Masing-masing pabrik memiliki kapasitas produksi yang berbeda, masing-masing gudang memiliki kapasitas penyimpanan yang berbeda dan masing-masing daerah memiliki batasan permintaan yang juga berbeda. Kapasitas produksi pabrik 1 untuk produk 1 sebanyak 90.000 unit, produk 2 sebanyak 100.000 unit, produk 3 sebanyak 80.000 unit. Kapasitas produksi pabrik 2 untuk produk 1 sebanyak 75.000 unit, produk 2 sebanyak 65.000 unit dan produk 3 sebanyak 90.000 unit. ***(Kendala 1)***

Kapasitas penyimpanan gudang 1 untuk produk 1 sebanyak 35.000 unit, produk 2 sebanyak 30.000 unit, produk 3 sebanyak 20.000 unit. Kapasitas penyimpanan gudang 2 untuk produk 1 sebanyak 20.000 unit, produk 2 sebanyak 25.000 unit, produk 3 sebanyak 20.000 unit. Kapasitas penyimpanan gudang 3 untuk produk 1 sebanyak 30.000 unit, produk 2 sebanyak 15.000 unit, produk 3 sebanyak 25.000 unit. Kapasitas penyimpanan gudang 4 untuk produk 1 sebanyak 15.000 unit, produk 2 sebanyak 24.000 unit, produk 3 sebanyak 20.000 unit. ***(Kendala 2)***

Permintaan di daerah A untuk produk 1 sebanyak 30.000 unit, produk 2 sebanyak 20.000 unit, produk 3 sebanyak 25.000 unit. Permintaan di daerah B untuk produk 1 sebanyak 23.000 unit, produk 2 sebanyak 15.000 unit, produk 3 sebanyak 22.000 unit. Permintaan di daerah C untuk produk 1 sebanyak 15.000 unit, produk 2 sebanyak 22.000 unit, produk 3 sebanyak 16.000 unit. Permintaan di daerah D untuk produk 1 sebanyak 32.000 unit, produk 2 sebanyak 12.000 unit, produk 3 sebanyak 20.000 unit. Permintaan di daerah E untuk produk 1 sebanyak 16.000 unit, produk 2 sebanyak 18.000 unit, produk 3 sebanyak 25.000 unit. ***(Kendala 3)***

Biaya transport untuk pengiriman masing-masing barang dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang dan daerah, serta dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah sebagai berikut:



		<i>Tujuan</i>				
		gudang 1	gudang 2	gudang 3	gudang 4	
pabrik 1	Produk 1	1.00	1.00	1.50	0.70	
	Produk 2	1.50	1.25	1.75	1.75	
	Produk 3	1.25	1.75	1.50	1.30	
pabrik 2	Produk 1	2.00	0.80	1.00	0.70	
	Produk 2	1.75	1.30	1.50	1.25	
	Produk 3	1.90	1.40	1.45	1.60	
		daerah A	daerah B	daerah C	daerah D	daerah E
pabrik 1	Produk 1	3.25	4.00	3.00	3.50	3.00
	Produk 2	3.00	3.50	2.50	3.25	3.10
	Produk 3	3.40	3.50	2.75	3.30	2.85
pabrik 2	Produk 1	3.50	4.00	4.00	3.00	2.50
	Produk 2	2.75	3.45	2.70	3.00	2.60
	Produk 3	2.95	3.25	2.85	3.35	2.95
		daerah A	daerah B	daerah C	daerah D	daerah E
gudang 1	Produk 1	2.00	1.30	1.00	2.00	3.50
	Produk 2	1.50	1.40	1.70	1.80	2.60
	Produk 3	1.75	1.20	1.60	1.30	2.10
gudang 2	Produk 1	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00
	Produk 2	1.75	1.50	1.50	1.40	2.00
	Produk 3	1.60	1.60	1.40	1.90	2.25
gudang 3	Produk 1	1.50	2.00	2.50	2.50	1.00
	Produk 2	1.40	1.85	1.95	2.30	1.50
	Produk 3	1.75	1.70	2.25	2.20	1.35
gudang 4	Produk 1	3.00	2.00	1.10	2.00	1.00
	Produk 2	2.25	1.80	1.20	1.75	1.60
	Produk 3	2.00	1.60	2.00	1.60	1.40

Perusahaan ingin meminimumkan biaya pengiriman produk dari pabrik ke gudang, dari pabrik ke daerah pasar dan dari gudang ke daerah pasar. Jumlah produk yang diterima gudang dari pabrik harus sama dengan jumlah produk yang keluar dari gudang ke daerah pasar (**Kendala 4**). Bagaimana perusahaan mendistribusikan produknya?

Dalam linear programming, masalah kita tersebut dapat diformulasikan dalam model matematik yang meliputi tiga tahap :

**A. Variabel Keputusan:** Menentukan variabel yang tak diketahui (variabel keputusan) dan menyatakan dalam simbol matematik

**B. Fungsi tujuan:** Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan

**C. Fungsi kendala:** Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan dan pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah itu.

Setelah mempelajari tulisan pada bagian-bagian sebelumnya, sebagai latihan coba Sdr. Rumuskan bagaimana menformulasikan secara matematis variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala dari kasus kita ini.

Setelah merumuskan model linear programming tersebut, sekarang kita masuk ke aplikasinya dalam Solver Excel untuk memecahkan (mencari optimisasinya).

Buka program Excelnya, dan perhatikan tampilan di bawah ini:

7		Biaya transport (Ribu Rp)					
8		Tujuan					
9		gudang 1	gudang 2	gudang 3	gudang 4		
10	pabrik 1	Produk 1	1.00	1.00	1.50	0.70	
11		Produk 2	1.50	1.25	1.75	1.75	
12		Produk 3	1.25	1.75	1.50	1.30	
13	pabrik 2	Produk 1	2.00	0.80	1.00	0.70	
14		Produk 2	1.75	1.30	1.50	1.25	
15		Produk 3	1.90	1.40	1.45	1.60	
16							
17		daerah A	daerah B	daerah C	daerah D	daerah E	
18	pabrik 1	Produk 1	3.25	4.00	3.00	3.50	3.00
19		Produk 2	3.00	3.50	2.50	3.25	3.10
20		Produk 3	3.40	3.50	2.75	3.30	2.85
21	pabrik 2	Produk 1	3.50	4.00	4.00	3.00	2.50
22		Produk 2	2.75	3.45	2.70	3.00	2.60
23		Produk 3	2.95	3.25	2.85	3.35	2.95
24							
25		daerah A	daerah B	daerah C	daerah D	daerah E	
26	gudang 1	Produk 1	2.00	1.30	1.00	2.00	3.50
27		Produk 2	1.50	1.40	1.70	1.80	2.60
28		Produk 3	1.75	1.20	1.60	1.30	2.10
29	gudang 2	Produk 1	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00
30		Produk 2	1.75	1.50	1.50	1.40	2.00
31		Produk 3	1.60	1.60	1.40	1.90	2.25
32	gudang 3	Produk 1	1.50	2.00	2.50	2.50	1.00
33		Produk 2	1.40	1.85	1.95	2.30	1.50
34		Produk 3	1.75	1.70	2.25	2.20	1.35
35	gudang 4	Produk 1	3.00	2.00	1.10	2.00	1.00
36		Produk 2	2.25	1.80	1.20	1.75	1.60
37		Produk 3	2.00	1.60	2.00	1.60	1.40

1. Judul-judul dan nama-nama silakan Anda ketik, sesuai dengan keinginan (asal selnya jangan berbeda ya, nanti bingung ngikutin). Atau silakan saja ikuti seperti tampilan diatas.
2. Ketik biaya pengiriman per unit barang dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang mulai dari sel C10 sampai sel F15
3. Ketik biaya pengiriman per unit barang dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah mulai dari sel C18 sampai sel G23
4. Ketik biaya pengiriman per unit barang dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah mulai dari sel C26 sampai sel G37

Setelah itu sediakan range untuk hasil optimisasi, dengan cara lihat pada tampilan di bawah ini:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
39	<i>Jumlah produk yang dikirimkan</i>								
40			Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4	Total		
41	Pabrik 1	Produk 1	0	0	0	0	0		
42		Produk 2	0	0	0	0	0		
43		Produk 3	0	0	0	0	0		
44	Pabrik 2	Produk 1	0	0	0	0	0		
45		Produk 2	0	0	0	0	0		
46		Produk 3	0	0	0	0	0		
47	Total	Produk 1	0	0	0	0	0		
48		Produk 2	0	0	0	0	0		
49		Produk 3	0	0	0	0	0		
50	Kapasitas	Produk 1	35,000	20,000	30,000	15,000			
51		Produk 2	30,000	25,000	15,000	24,000			
52		Produk 3	20,000	20,000	25,000	20,000			
53									
54			Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total	
55	Pabrik 1	Produk 1	0	0	0	0	0	0	
56		Produk 2	0	0	0	0	0	0	
57		Produk 3	0	0	0	0	0	0	
58	Pabrik 2	Produk 1	0	0	0	0	0	0	
59		Produk 2	0	0	0	0	0	0	
60		Produk 3	0	0	0	0	0	0	
61									
62								Kapasitas	
63	Total produk yg dikirimkan dari Pabrik 1	Produk 1					0	90,000	
64		Produk 2					0	100,000	
65		Produk 3					0	80,000	
66	Total produk yg dikirimkan dari Pabrik 2	Produk 1					0	75,000	
67		Produk 2					0	65,000	
68		Produk 3					0	90,000	
69									
70									
71			Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total	
72	Gudang 1	Produk 1	0	0	0	0	0	0	0
73		Produk 2	0	0	0	0	0	0	0
74		Produk 3	0	0	0	0	0	0	0
75	Gudang 2	Produk 1	0	0	0	0	0	0	0
76		Produk 2	0	0	0	0	0	0	0
77		Produk 3	0	0	0	0	0	0	0
78	Gudang 3	Produk 1	0	0	0	0	0	0	0
79		Produk 2	0	0	0	0	0	0	0
80		Produk 3	0	0	0	0	0	0	0
81	Gudang 4	Produk 1	0	0	0	0	0	0	0
82		Produk 2	0	0	0	0	0	0	0
83		Produk 3	0	0	0	0	0	0	0
84	Total	Produk 1	0	0	0	0	0	0	0
85		Produk 2	0	0	0	0	0	0	0
86		Produk 3	0	0	0	0	0	0	0
87	Permintaan	Produk 1	30,000	23,000	15,000	32,000	16,000		
88		Produk 2	20,000	15,000	22,000	12,000	18,000		
89		Produk 3	25,000	22,000	16,000	20,000	25,000		
90									
91	Total biaya transport		0						

1. Pada sel G41 ketik rumus =SUM(C41:F41), copy sampai sel G46.
2. Pada sel C47 ketik rumus =SUM(C41,C44), copy pada range C47:F49
3. Pada range C50:F52, ketik kapasitas masing-masing gudang berdasarkan masing-masing produk
4. Pada sel H55 ketik rumus =SUM(C55:G55), copy sampai sel H60.
5. Pada sel G63 ketik rumus =SUM(G41,H55), copy sampai sel G68.
6. Pada range H63:H68, ketik kapasitas masing-masing pabrik berdasarkan jenis produk
7. Pada sel H72 ketik rumus =SUM(C72:G72), copy sampai sel H83.
8. Pada sel I72 ketik rumus =C47, copy sampai sel I83
9. Pada sel C84 ketik rumus =SUM(C55,C58,C72,C75,C78,C81), copy pada range C84:G86.

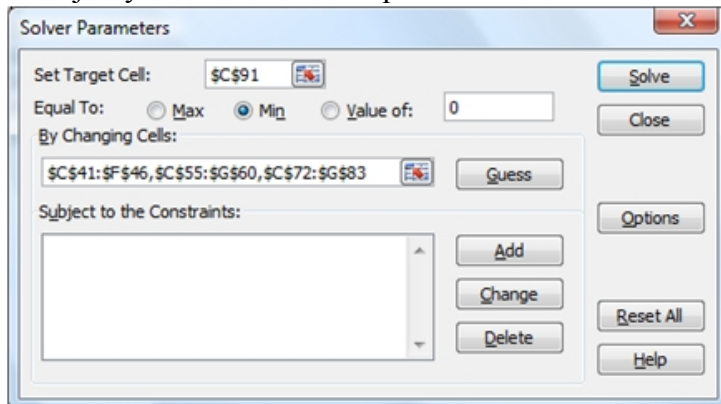
10. Pada range C87:G89 ketika kendala permintaan masing-masing daerah berdasarkan jenis produk.

11. Pada sel C91 ketik rumus

=SUMPRODUCT(C10:F15,C41:F46)+SUMPRODUCT(C18:G23,C55:G60)+SUMPRODUCT(C26:G37,C72:G83)

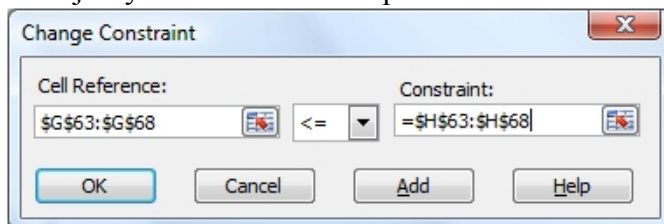
Setelah mempersiapkan semua data dan rumus tersebut, kemudian klik **Tool** kemudian **Data Analysis** kemudian **Solver** (urutan ini kadang-kadang tidak sama pada berbagai versi MS Office. Yang penting, Anda dapatkan menu Solver, dan kemudian di klik).

Selanjutnya akan muncul tampilan **Solver Parameters** berikut:



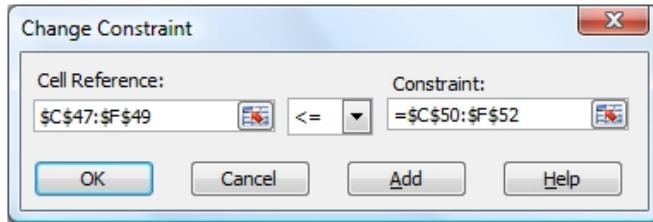
Isikan (atau blok) **Set Target Cell** dengan \$C\$91 (lokasi hasil total biaya). Klik **Equal To:** pada **Min**. Isikan (atau blok) **By Changing Cells:** dengan \$C\$41:\$F\$46,\$C\$55:\$G\$60,\$C\$72:\$G\$83 (lokasi hasil perhitungan barang yang dikirimkan). Kemudian klik **Add** untuk mengisikan fungsi kendala 1.

Selanjutnya akan muncul tampilan berikut:



Isikan Cell Reference, tanda dan Constraint sesuai dengan tampilan di atas. Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang dikirimkan dari pabrik baik ke gudang maupun ke daerah pasar harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas produksi pabrik.

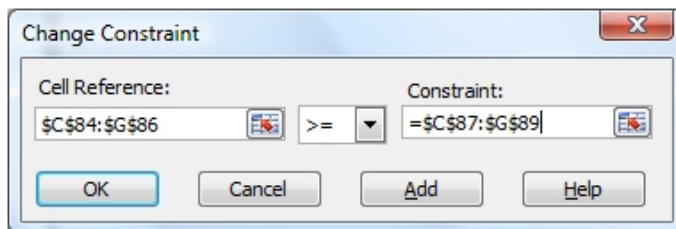
Klik **OK**, kemudian klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala kedua, seperti tampilan berikut:



Isikan Cell Reference, tanda dan Constraint sesuai dengan tampilan di atas.

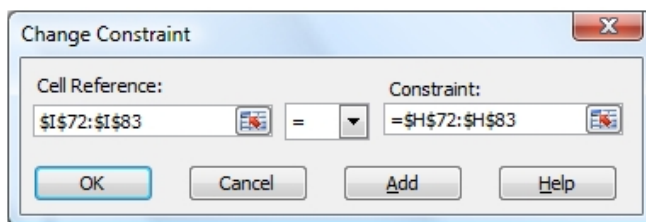
Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang dikirimkan dari pabrik ke masing-masing gudang harus sama atau lebih kecil dari kapasitas gudang, seperti yang kita nyatakan pada fungsi kendala.

Klik **OK**, kemudian klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala ketiga, seperti tampilan berikut:



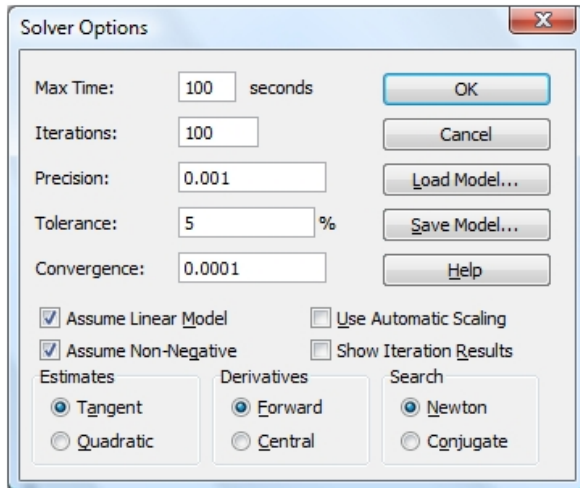
Isikan Cell Reference, tanda dan Constraint sesuai dengan tampilan di atas. Ini artinya, kita menyatakan bahwa barang yang dikirimkan ke daerah pasar harus lebih besar atau sama dengan permintaan pasar.

Klik **OK**, kemudian klik **Add**, dan isikan lagi fungsi kendala keempat, seperti tampilan berikut:



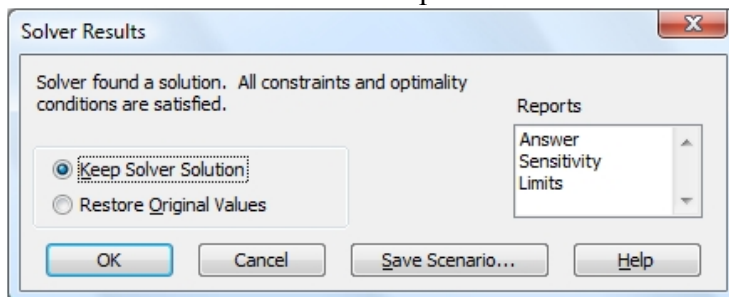
Isikan Cell Reference, tanda dan Constraint sesuai dengan tampilan di atas. Ini artinya, jumlah barang yang dikirimkan ke masing-masing gudang harus sama dengan jumlah barang yang keluar dari gudang

Setelah itu klik **OK**, maka akan muncul kembali tampilan **Solver Parameters**. Selanjutnya, klik **Options**, maka akan muncul tampilan berikut:



Contenglah *Assume Linear Model* untuk menyatakan model kita adalah model Linear Programming. Contenglah *Assume Non-Negative* untuk menyatakan dalam fungsi kendala kita tidak boleh ada nilai produk yang negatif (Pilihan-pilihan lain kita abaikan dulu). Kemudian klik **OK**.

Setelah klik **OK**, akan muncul kembali tampilan *Solver Parameter* seperti sebelumnya. Setelah itu klik **Solve**. Akan muncul tampilan berikut:



Klik **OK**, maka akan keluar hasil optimisasi yang kita inginkan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
39	<b>Jumlah produk yang dikirimkan</b>									
40			Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	Gudang 4	Total			
41	Pabrik 1	Produk 1	35,000	0	0	15,000	50,000			
42		Produk 2	2,000	25,000	0	0	27,000			
43		Produk 3	20,000	0	0	20,000	40,000			
44	Pabrik 2	Produk 1	0	20,000	30,000	0	50,000			
45		Produk 2	0	0	0	22,000	22,000			
46		Produk 3	0	2,000	25,000	0	27,000			
47	Total	Produk 1	35,000	20,000	30,000	15,000				
48		Produk 2	2,000	25,000	0	22,000				
49		Produk 3	20,000	2,000	25,000	20,000				
50	Kapasitas	Produk 1	35,000	20,000	30,000	15,000				
51		Produk 2	30,000	25,000	15,000	24,000				
52		Produk 3	20,000	20,000	25,000	20,000				
53										
54			Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total		
55	Pabrik 1	Produk 1	0	0	0	0	0	0		
56		Produk 2	0	0	0	0	0	0		
57		Produk 3	0	0	16,000	0	0	16,000		
58	Pabrik 2	Produk 1	0	0	0	15,000	1,000	16,000		
59		Produk 2	20,000	0	0	0	18,000	38,000		
60		Produk 3	25,000	0	0	0	0	25,000		
61										
62								Kapasitas		
63		Total produk yg dikirimkan dari Pabrik 1				Produk 1	50,000	90,000		
64						Produk 2	27,000	100,000		
65						Produk 3	56,000	80,000		
66		Total produk yg dikirimkan dari Pabrik 2				Produk 1	66,000	75,000		
67						Produk 2	60,000	65,000		
68						Produk 3	52,000	90,000		
69										
70										
71			Daerah A	Daerah B	Daerah C	Daerah D	Daerah E	Total		
72	Gudang 1	Produk 1	0	20,000	15,000	0	0	35,000	35,000	
73		Produk 2	0	2,000	0	0	0	2,000	2,000	
74		Produk 3	0	20,000	0	0	0	20,000	20,000	
75	Gudang 2	Produk 1	0	3,000	0	17,000	0	20,000	20,000	
76		Produk 2	0	13,000	0	12,000	0	25,000	25,000	
77		Produk 3	0	2,000	0	0	0	2,000	2,000	
78	Gudang 3	Produk 1	30,000	0	0	0	0	30,000	30,000	
79		Produk 2	0	0	0	0	0	0	0	
80		Produk 3	0	0	0	0	25,000	25,000	25,000	
81	Gudang 4	Produk 1	0	0	0	0	15,000	15,000	15,000	
82		Produk 2	0	0	22,000	0	0	22,000	22,000	
83		Produk 3	0	0	0	20,000	0	20,000	20,000	
84	Total	Produk 1	30,000	23,000	15,000	32,000	16,000			
85		Produk 2	20,000	15,000	22,000	12,000	18,000			
86		Produk 3	25,000	22,000	16,000	20,000	25,000			
87	Permintaan	Produk 1	30,000	23,000	15,000	32,000	16,000			
88		Produk 2	20,000	15,000	22,000	12,000	18,000			
89		Produk 3	25,000	22,000	16,000	20,000	25,000			
90										
91	Total biaya transportasi		798,300							

Perhatikan pada range C41:F46. Ini merupakan saran untuk pengiriman barang berdasarkan jenisnya dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang. Dari pabrik 1 kirimkan produk 1 ke gudang 1 sebanyak 35.000 unit, produk 2 sebanyak 2.000 unit dan produk 3 sebanyak 20.000 unit. Dengan cara yang sama bisa dibaca untuk angka-angka yang lainnya. Perhatikan pada range C55:G60. Ini merupakan saran untuk pengiriman barang berdasarkan jenisnya dari masing-masing pabrik ke masing-masing daerah pasar. Dari pabrik 2, kirimkan produk 2 ke daerah A sebanyak 20.000 unit dan produk 3 sebanyak 25.000 unit. Dengan cara yang sama bisa dibaca untuk angka-angka yang lainnya.

Perhatikan pada range C72:G83. Ini merupakan saran untuk pengiriman barang berdasarkan jenisnya dari masing-masing gudang ke masing-masing daerah pasar. Dari gudang 3, kirimkan produk 1 ke daerah A sebanyak 30.000 unit. Dengan cara yang sama bisa dibaca untuk angka-angka yang lainnya.

Selanjutnya, perhatikan nilai-nilai total yang ada pada tampilan hasil tersebut. Semuanya telah memenuhi ke empat fungsi kendala yang kita nyatakan sebelumnya.

Dengan distribusi seperti ini, akan dicapai biaya transpor minimum sebesar Rp 798.300 ribu. (lihat sel C91)

## **REFERENCES**

1. Frye, CD. (2007). *Step by Step Microfost Office Excel 2007*. Washington. Microsoft Press.
2. Junaidi, J. (2014). *Statistika Deskriptif dengan Microsoft Excel*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Jambi. Jambi