

SOLVER FOR BEGINNER

ANDITA

Student of Chemical Engineering
Gadjah Mada University

Pie Wie Student Book Edition

Second Edition, May 2004

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ini dengan mencuri-curi waktu TA.

Banyak yang lebih memahami tentang SOLVER, tapi sedikit yang produktif untuk menulis buku padahal buku dapat mempercepat penyebaran pengetahuan tentang SOLVER. Hal inilah yang mendasari penulis untuk menulis buku ini.

Buku ini disusun karena melihat kecenderungan mahasiswa semakin tidak memahami tentang fitur yang ada di Ms Excel yaitu SOLVER. Padahal SOLVER dapat mempercepat perhitungan yang akan lama bila dilakukan secara manual.

Bahasa yang digunakan dalam buku ini didesain agar mudah dimengerti dan cepat dipahami oleh pembaca yang belum mengenal sama sekali tentang SOLVER. Contoh soal dalam buku ini diambil dari bahan revisi penulis selama menjadi asisten, text book, contoh soal pada prokom.

Buku ini sangat disarankan bagi pembaca yang telah mengambil mata kuliah Manajemen, Program Komputer & Termodinamika agar dapat dengan cepat dipahami. Pesan penulis bagi yang ingin mencopy buku ini yaitu *copy*-lah di *fotocopian* yang bagus agar gambar-gambar di buku ini tetap jelas terbaca.

Pembahasan pada buku ini hanya membahas mengenai iterasi, optimasi serta metode simplex. Untuk bahan-bahan yang lain seperti solver untuk *non linear problems (quadratic objective function, linear constraint)*, *mixed integer linear* program dapat pembaca baca langsung di sumber yang terkait atau membaca Buku ke 2 “SOLVER for Intermediate” yang masih dalam angan-angan penulis dan terwujud bila penulis ada waktu serta bila ada dana yang cukup.

Ucapan terima kasih penulis kepada mama dan kakak, semua praktikan OTK genap 2004 serta seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan komentar via email. Akhir kata, selamat belajar dan apabila ada saran serta kritik silahkan kirim email ke andy_ta@go.com atau andy_ta@telkom.net

Yogyakarta, 10 Mei 2004

Andita

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	1
A. Informasi Tentang <i>Solver</i>	2
B. Mengaktifkan <i>Solver</i>	2
C. Memahami <i>Solver</i> Parameters	2
D. Iterasi Dengan <i>Solver</i>	3
E. Memahami algoritma iterasi dengan <i>Solver</i>	5
F. Pemanfaatan iterasi <i>Solver</i> dalam kasus teknik kimia	6
G. Optimasi dengan <i>Solver</i>	8
H. Penggunaan Metode Simplex dengan <i>Solver</i>	9
I. Kegunaan <i>Solver</i> yang lain	11
Daftar Pustaka	11

SOLVER FOR BEGINNER

A. INFORMASI TENTANG SOLVER

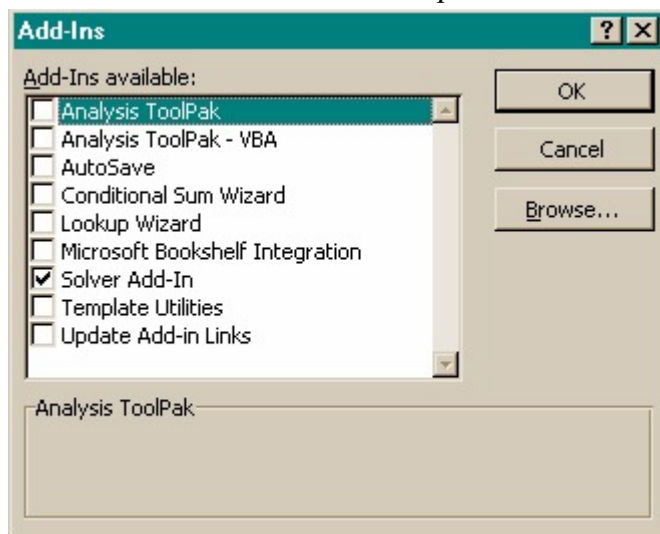
Microsoft Excel mempunyai modul yang disebut Excel SOLVER yang mengizinkan pemakai untuk memasukkan nilai *decision variable*, *constraint* dan *objective* untuk melakukan optimasi kedalam cell dari suatu spreadsheet kemudian menggunakan *Linear Program*, *Mixed Integer Linear Program* atau *Non Linear Program* SOLVER.

SOLVER memiliki banyak kegunaan di bidang manajemen seperti optimasi distribusi bahan baku serta produk dalam bidang teknik kimia-pun SOLVER juga memiliki kegunaan.

Banyak *vendor* pengembang *Linear Program* (LP) *software* seperti www.cplex.com, www.lindo.com, www.frontsys.com pengembang Premium Excel Solver, www.decisioneering.com pengembang Excel add-on yang disebut Crystal Ball dan sebagainya.

B. MENGAKTIFKAN SOLVER

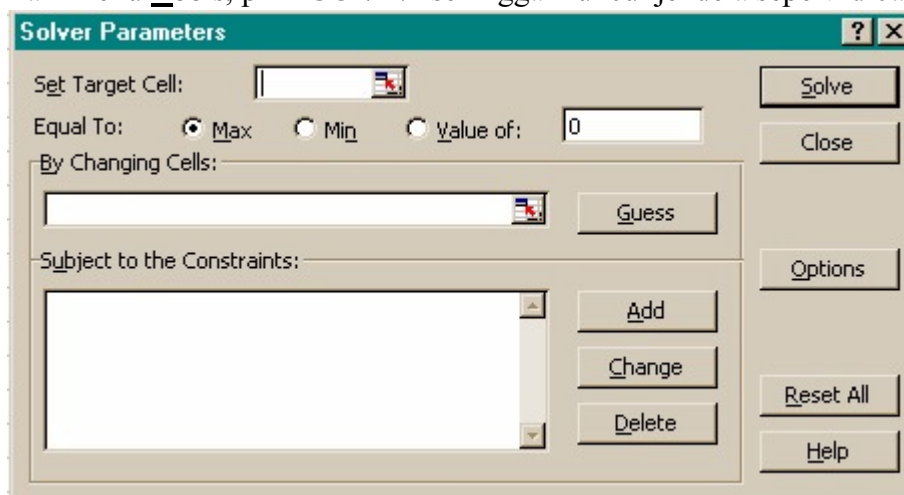
1. Dari Menu **T**ools, pilih **A**dd-Ins
2. Akan muncul jendela seperti dibawah ini, lalu **click** box SOLVER Add-In dan tekan tombol **OK**. Sistim Excel di komputer anda akan terinstall fitur ini.



3. Apabila di jendela seperti diatas tidak ada SOLVER Add-In, maka anda harus mencari komputer lain yang ada fitur ini kemudian copy file SOLVER.xla & SOLVER32.dll ke komputer anda dan install secara manual ke komputer anda dengan menekan tombol **B**rowse dan pilih file SOLVER.xla kemudian tekan **OK**.

C. MEMAHAMI SOLVER PARAMETERS

1. Dari Menu **T**ools, pilih SOLVER sehingga muncul jendela seperti dibawah ini :



2. Penjelasan SOLVER Parameters

Target Cell = cell yang mengandung fungsi objektif

Changing Cell = cell yang nilainya akan dihitung komputer hingga nilai pada Target Cell tercapai

Constraint = batasan-batasan yang harus dipenuhi oleh Changing Cell didalam perhitungannya.

Equal To = nilai pada Target Cell diset oleh pengguna agar memenuhi kriteria tertentu seperti :

- **Max** = nilai maksimal fungsi objektif

- **Min** = nilai minimal fungsi objektif

- **Value of** = nilai dalam bentuk angka

D. ITERASI DENGAN SOLVER

1. Misalkan ada persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X_1 &= 2 T \\ X_2 &= 3 T \end{aligned} \quad \dots(1)$$

$$\begin{aligned} Y_1 &= 4,2 X_1 \\ Y_2 &= 7,5 X_2 \end{aligned} \quad \dots(2)$$

$$Y_1 + Y_2 = 1 \quad \dots(3)$$

Carilah nilai T yang memberikan $Y_1 + Y_2 = 1$?

2. Kerjakan perhitungan awal di Excel dengan mengambil nilai awal $T = 1$ (pembaca bebas menentukan nilai awal variabel ini). Apabila dikerjakan di Excel maka akan didapatkan hasil seperti di bawah ini

	A	B	C	D
1				
2		T =	1	
3		X ₁ =	2	
4		X ₂ =	3	
5				
6		Y ₁ =	8.4	
7		Y ₂ =	22.5	
8		Y ₁ + Y ₂ =	30.9	
9				
10				

Persamaan (1) disajikan pada Cell B3:C4

Persamaan (2) disajikan pada Cell C6:C7

Persamaan (3) disajikan pada Cell C8

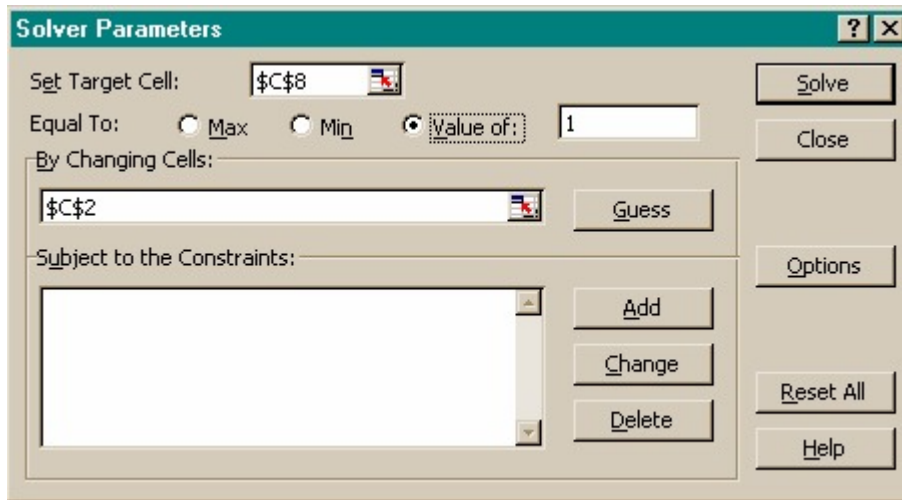
Analisis :

Fungsi Objektif yaitu persamaan (3) sebagai **Target Cell**

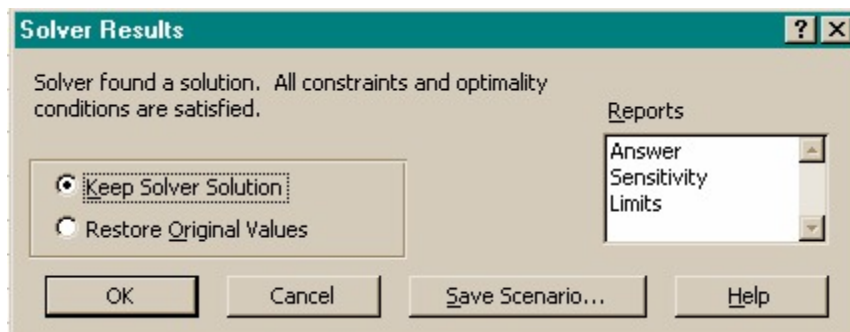
Dalam kasus ini diinginkan persamaan (3) memenuhi syarat $Y_1 + Y_2 = 1$, dilakukan dengan cara iterasi variabel T sebagai **Changing Cell** sehingga Fungsi Objektif terpenuhi Kita dapat melakukan iterasi secara manual dengan *trial and error* nilai T (Cell C2), atau dapat juga lebih cepat dengan menggunakan SOLVER.

3. Dari Menu **Tools**, pilih SOLVER

4. Setelah muncul jendela SOLVER Parameters, Tekan Tombol **Reset All** terlebih dahulu kemudian isi SOLVER Parameters seperti dibawah ini. (pengisian parameter dapat dengan menulis nama cell secara langsung atau dengan click cell)



5. Tekan tombol **Solve**, dan biarkan Excel menghitung untuk anda. Bila perhitungan telah selesai, akan muncul jendela seperti dibawah ini



Keep SOLVER Solution = Hasil perhitungan SOLVER akan ditampilkan pada spreadsheet

Restore Original Values = Hasil perhitungan SOLVER tidak ditampilkan ke spreadsheet dan value pada spreadsheet dikembalikan ke nilai awal

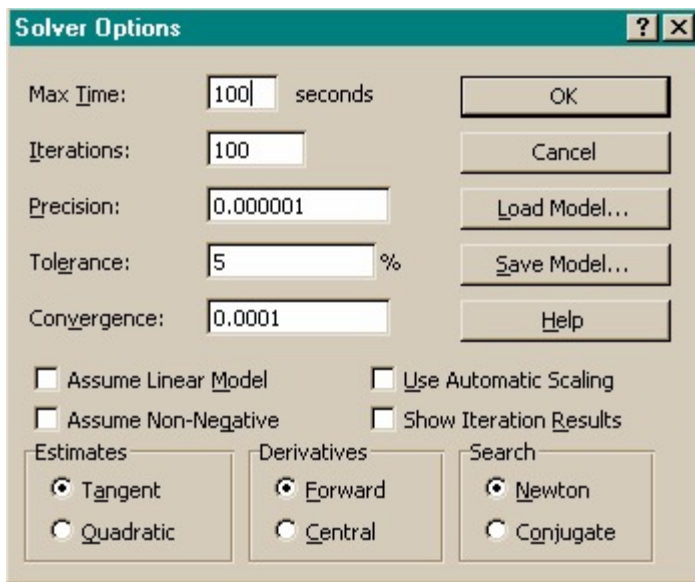
Reports (Answer, Sensivity dan Limit) adalah bentuk-bentuk laporan yang disediakan SOLVER.

6. Tekan tombol **OK**, dan hasil perhitungan akan menjadi seperti dibawah ini. Terlihat bahwa nilai $T = 0,032362$ memenuhi persamaan (3).

	A	B	C	D
1				
2		T =	0.032362	
3		X ₁ =	0.064725	
4		X ₂ =	0.097087	
5				
6		Y ₁ =	0.271845	
7		Y ₂ =	0.728155	
8		Y ₁ + Y ₂ =	1	
9				
10				

E. MEMAHAMI ALGORITMA ITERASI DENGAN SOLVER.

1. Pada SOLVER **Parameters**, tekan tombol **Options** maka akan muncul jendela **SOLVER Options**



Berikut penulis jelaskan mengenai beberapa hal yang sudah diketahui :

Max Time = maksimal waktu yang digunakan SOLVER dalam menyelesaikan kasus perhitungan.

Iterations = Banyaknya iterasi yang dilakukan SOLVER

Precision = Tingkat presisi

Tolerance = Toleransi antara nilai terhitung dengan nilai data.

Assume linear Model = SOLVER akan memakai program linear didalam menyelesaikan kasus seperti kasus di mata kuliah manajemen.

Show Iteration Result = Pada setiap iterasi, SOLVER akan berhenti sehingga pemakai dapat melihat pergerakan iterasinya.

Forward & Central = metode turunan yang digunakan SOLVER dalam iterasinya.

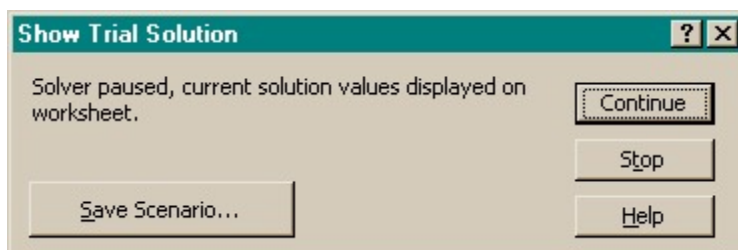
Newton = fungsinya seperti Newton Raphson dalam prokom yang dalam SOLVER memakai metode turunan Forward atau Central.

Estimates , Derivatives, Search

Silahkan tekan tombol **Help** untuk mendapatkan keterangan lebih jelas.

Berdasarkan pengalaman penulis, kasus-kasus di teknik kimia dapat diselesaikan dengan memuaskan tanpa perlu merubah-ubah parameter pada SOLVER Options.

2. Ulangi perhitungan pada Bab D, dengan terlebih dahulu click box **Show Iteration Result**, maka pembaca akan mendapatkan jendela **Show Trial Solution** sebagai berikut :



Bila pembaca melihat ke *spreadsheetnya*, terlihat bahwa ada perbedaan antara nilai sekarang dengan nilai mula-mula. Perbedaan ini disebabkan iterasi yang dilakukan SOLVER.

Tekan tombol **Continue** untuk melanjutkan iterasi, atau tekan tombol **Stop** untuk menghentikan iterasi.

F. PEMANFAATAN ITERASI SOLVER DALAM KASUS TEKNIK KIMIA.

Partial Condenser (Tugas 1, Prokom)

Uap sebanyak F mol/menit yang mengandung i-butane, n-butane dan n-hexane dengan fraksi mol umpan masing-masing sebesar 0.3, 0.2, 0.5 didinginkan dalam suatu *condenser* sehingga terbentuk campuran uap dan cairan yang kemudian dipisahkan dalam suatu *flash*. Tekanan sistim sebesar 1500 mmHg, diinginkan laju alir mol liquid / laju alir mol feed = (L/F) = 0.42. Berapakah suhu pendinginan yg diperlukan serta komposisi cairan dan uap yang diperoleh ?

Data Tekanan uap sebagai berikut :

A = i-butane, B= n-butane, C= n-hexane

$$P_A^o = 10^{\left(6.74808 - \frac{887.8}{240+t}\right)} \quad P_B^o = 10^{\left(6.83029 - \frac{945.9}{240+t}\right)} \quad P_C^o = 10^{\left(6.87776 - \frac{1171.53}{222.366+t}\right)}$$

P dalam mmHg dan t dalam °C

Algoritma Perhitungan :

$$y_i = \frac{P_i^o}{P} x_i \quad \dots(1)$$

$$P_i^o = f(t) \quad \dots(2)$$

$$x_i = \frac{z_i}{\frac{L}{F} + \left(1 - \frac{L}{F}\right) \frac{P_i^o}{P}} \quad \dots(3)$$

$$\sum x_i = 1 \quad \dots(4)$$

1. Trial T (suhu pendinginan dalam °C)
2. Hitung P_i^o dari persamaan (2)
3. Hitung x_i dari persamaan (3)
4. Hitung y_i dari persamaan (1)
5. Cek apakah persamaan (4) terpenuhi, bila tidak kembali ke langkah 1.

Iterasi dengan SOLVER :

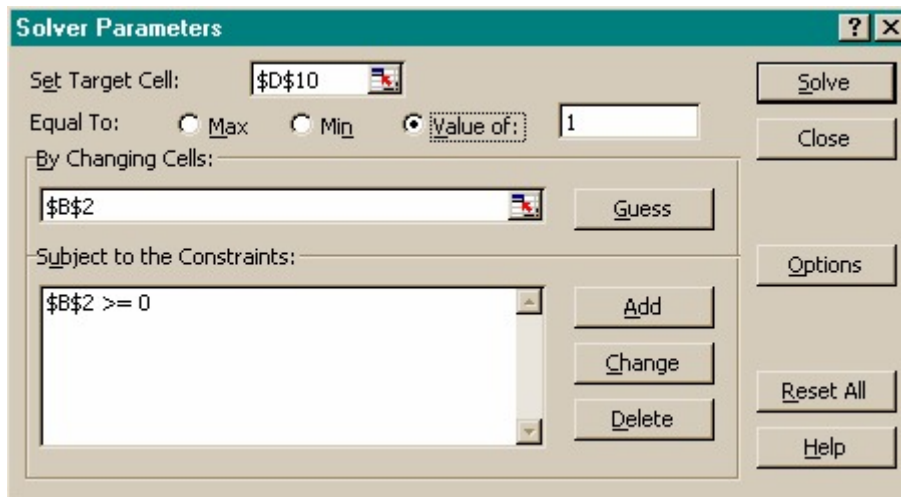
Dari algoritma perhitungan diatas dapat dilihat bahwa dilakukan iterasi nilai T (**Changing Cell**) hingga memenuhi persamaan (4) sebagai **Target Cell Value of 1**. Hasil perhitungan dapat dilihat pada *spreadsheet* dibawah ini :

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	T (°C) =	100					
3	P (mmHg)=	1500					
4	L/F =	0.42					
5							
6	Komponen	Z_i	P_i^o	x_i	y_i		
7	i-butane	0.3	13705.77	0.052452	0.479259		
8	n-butane	0.2	11174.58	0.042187	0.314279		
9	n-hexane	0.5	1752.261	0.455564	0.532178		
10	Sigma x _i			0.550202	1.325716		
11							
12	Problem Specifications						
13	Target Cell		D10	Goal is to get this value 1			
14	Changing Cell		B2	Temperature			
15	Constraint		B2>=0	Temperature must be greater			
16				than or equal to 0			
17							

Persamaan (2) dihitung pada Cell **C7:C9**
 Persamaan (3) dihitung pada Cell **D7:D9**
 Persamaan (1) dihitung pada Cell **E7:E9**
 Persamaan (4) dihitung pada Cell **D10**

Suhu pendinginan Cell **B2** tidak boleh bernilai negatif sehingga perlu ditambahkan sebagai Constraint

Isikan SOLVER Parameters seperti dibawah ini:

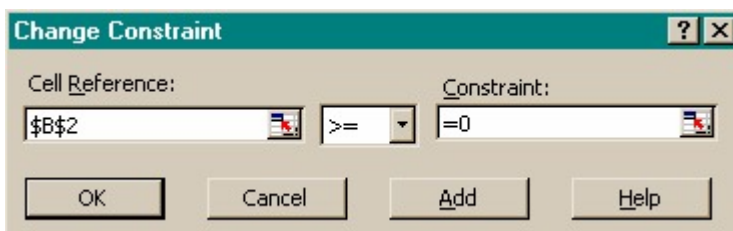


Sedangkan untuk pengisian **Subject to the Constraints**, dapat dengan cara :

Pengisian constraint = tekan tombol **Add**.

Merubah constraint = click constraint yang ingin dirubah lalu tekan tombol **Change**.

Menghapus constraint = click constraint yang ingin dihapus lalu tekan tombol **Delete**.



Apabila masih ada Constraint yang ingin ditambahkan Tekan tombol **Add**, bila anda telah selesai mengisi Constraint tekan tombol **OK**.

Pada Jendela SOLVER Parameters , tekan tombol **Solve**. Pembaca akan mendapatkan hasil seperti dibawah ini

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	T (°C)	=	59.460591				
3	P (mmHg)=		1500				
4	L/F	=	0.42				
5							
6	Komponen	Z_i	P_i^o	x_i	y_i		
7	i-butane	0.3	6073.179	0.10837	0.438767		
8	n-butane	0.2	4694.73	0.089474	0.280036		
9	n-hexane	0.5	525.8261	0.802157	0.281197		
10	Sigma x _i			1	1		
11							
12	Problem Specifications						
13	Target Cell		D10	Goal is to get this value 1			
14	Changing Cell		B2	Temperature			
15	Constraint		B2>=0	Temperature must be greater than or equal to 0			
16							
17							

Suhu pendinginan dibaca pada Cell **B2**, sedangkan komposisi cairan pada Cell **D7:D9** dan komposisi uap pada Cell **E7:E9**.

G. OPTIMASI DENGAN SOLVER

Kasus diambil pada halaman 363 (Peter & Timmerhous,1981)

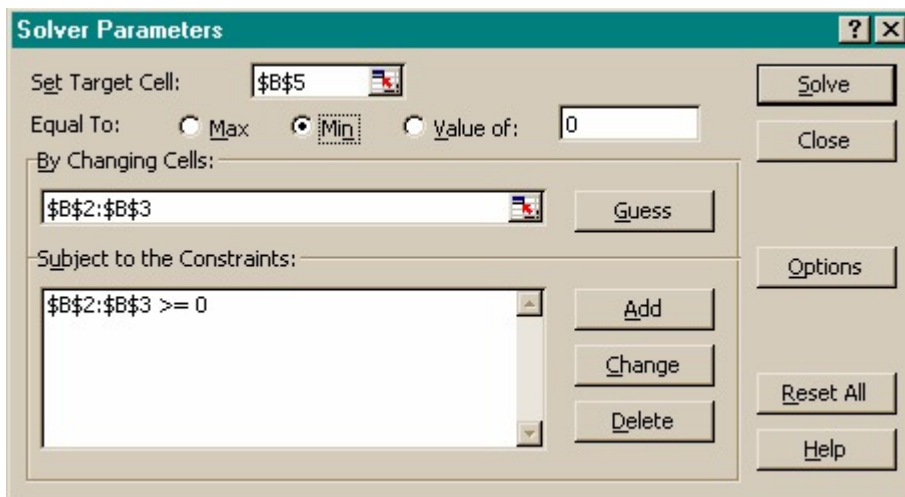
The following equation shows the effect of the variables x and y on the total cost for a particular operations :

$$C_T = 2.33x + \frac{11900}{xy} + 1.86y + 10$$

Analisis :

Persamaan di atas dapat diselesaikan secara analitis dengan mencari turunan pertama terhadap x dan terhadap y, untuk lebih lengkapnya dapat membaca bukunya langsung. Disini kita mencoba menyelesaikan dengan menggunakan SOLVER.

Pembaca ingin mencari nilai x dan y (**Changing Cell**) yang memberikan nilai C_T minimum (**Target Cell**). Susun persamaan diatas kedalam *spreadsheet* dalam hal ini cell **B5** kemudian aktifkan SOLVER, lalu isikan SOLVER parameters seperti dibawah ini :



Pastikan pada Parameters **Equal To** , click **Min** karena kita ingin mencari nilai minimum dari fungsi objektif

Tekan tombol **Solve** maka akan didapatkan hasil sebagai berikut

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	x =	15.9753					
3	y =	20.01208					
4							
5	C _T =	121.6674					
6							
7	Problem Specifications						
8	Target Cell	B5	Goal is to minimize this value				
9	Changing Cell	B2:B3	variable x and y				
10	Constraint	B2:B3>=0	variable x and y must be greater				
11			than or equal to 0				
12							

Dari hasil perhitungan SOLVER, C_T minimum didapatkan saat nilai x = 15.9753 dan nilai y =20.01208 hanya berbeda sedikit dengan text book yang mendapatkan nilai C_T minimum saat x = 16 dan y = 20

H. PENGGUNAAN METODE SIMPLEX DENGAN SOLVER.

Pembaca tentu masih ingat tentang mata kuliah Manajemen, yang menggunakan program linear / metode simplex untuk mencari nilai minimum/maksimum dari fungsi objektif. SOLVER juga dapat memakai program yang sama untuk menyelesaikan kasus-kasus seperti ini :

Diambil kasus pada halaman 396 (Peter & Timmerhous,1981).

Consider a simple two-dimensional problem such as the following : the objective function is to maximize

$$f(x) = 3x_1 + 4x_2 \quad \dots(1)$$

subject to the linear constraint of

$$2x_1 + 5x_2 \leq 10 \quad \dots(2)$$

$$4x_1 + 3x_2 \leq 12 \quad \dots(3)$$

$$x_1 \geq 0 \quad \dots(4)$$

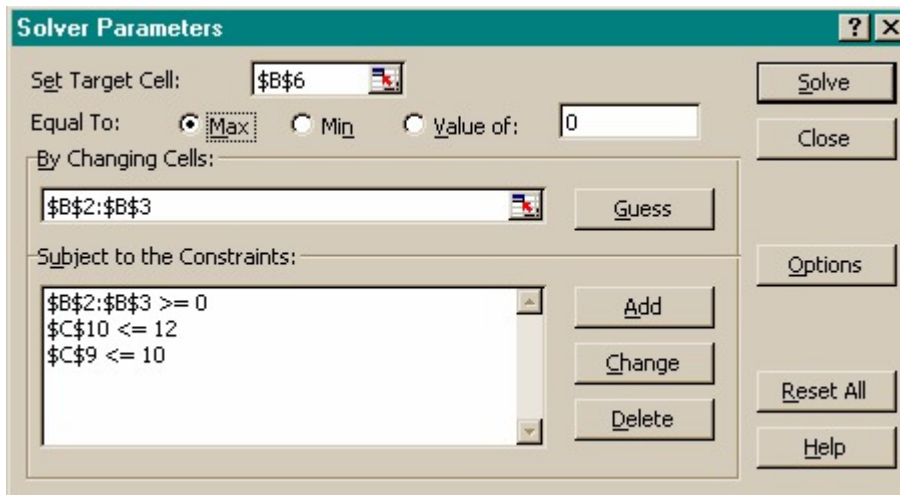
$$x_2 \geq 0 \quad \dots(5)$$

Analisis :

Tulis persamaan diatas kedalam *spreadsheet* seperti dibawah ini:

	A	B	C	D	E	F
1	Changing Cell					
2	$x_1 =$	20				
3	$x_2 =$	20				
4						
5	Target Cell is to maximize Cell B6 value					
6	$f(x) =$	140				
7						
8	Constraint					
9	$2x_1 + 5x_2 =$		140			
10	$4x_1 + 3x_2 =$		140			
11						
12	Problem specification					
13	Target Cell		B6	Goal is to maximize this value		
14	Changing Cell		B2:B3			
15	Constraint		C9<=10	equation (2)		
16			C10<=12	equation (3)		
17			B2:B3>=0	equation (4) & (5)		
18						

Pada SOLVER Parameters tekan tombol **Options** lalu click box **Assume Linear Model** lalu tekan tombol **OK**. Isikan SOLVER Parameters seperti dibawah ini dan pastikan anda memilih **Max** pada parameter Equal To :



Tekan tombol **Solve** dan *spreadsheet* anda akan berubah seperti berikut :

	A	B	C	D	E	F
1	Changing Cell					
2	$x_1 =$	2.142857				
3	$x_2 =$	1.142857				
4						
5	Target Cell is to maximize Cell B6 value					
6	$f(x) =$	11				
7						
8	Constraint					
9	$2x_1 + 5x_2 =$		10			
10	$4x_1 + 3x_2 =$		12			
11						
12	Problem specification					
13	Target Cell		B6	Goal is to maximize this value		
14	Changing Cell		B2:B3			
15	Constraint		C9<=10	equation (2)		
16			C10<=12	equation (3)		
17			B2:B3>=0	equation (4) & (5)		
18						

Terbaca bahwa nilai maksimum pada Cell **B6** dengan nilai x_1 pada Cell **B2** dan x_2 pada Cell **B3**, nilai ini sama seperti yang tertera pada buku Peter & Timmerhous.

Dengan cara yang sama, SOLVER dapat juga menyelesaikan fungsi objektif yang terdiri atas 3 variabel atau lebih.

I. KEGUNAAN SOLVER YANG LAIN

Sebenarnya masih banyak problem yang dapat diselesaikan dengan menggunakan SOLVER seperti :

1. Perhitungan *plate to plate Distillation column with Sorel Method* (pembaca dapat melihat Laporan Kerja Praktek PT. PERTAMINA (Persero) UP IV atas nama penulis)
2. Perancangan isolasi reaktor.
3. Menentukan kombinasi (diversifikasi) produk terbaik dalam menggunakan kapasitas mesin, tenaga kerja dan modal yang tersedia agar memaksimalkan keuntungan perusahaan.
4. Menentukan sistim distribusi yang akan meminimumkan ongkos total transportasi dari beberapa gudang ke beberapa lokasi pasar. Silahkan membaca *Optimization of Chemical Processes* (Edgar, Himmelblau & Lasdon,2001)
5. Menentukan jadwal penugasan mesin yang paling tepat kapan ia berproduksi dan kapasitas mana yang harus jalan.
6. Menentukan penugasan seseorang dalam rangka promosi jabatan manager di suatu wilayah tertentu.

Tetapi karena buku ini membatasi diri penggunaannya pada pembaca pemula maka pemanfaatan SOLVER lebih lanjut akan dilanjutkan pada Buku ke 2 "SOLVER for Intermediate". Oleh karena itu, pembaca dipersilahkan membaca dan mencoba-coba sendiri baik dengan membaca literatur terkait , *browsing* atau belajar dari file solvsamp.xls yang ada di komputer.

DAFTAR PUSTAKA

- Andita, 2002, "Laporan Resmi Keseimbangan Fase", Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada., Yogyakarta.
- Andita, 2004, "PT. PERTAMINA (PERSERO) UP IV", Laporan Kerja Praktek Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Edgar, T.F., Himmelblau, D. M. and Lasdon, L.S., 2001, "Optimization of Chemical Processes", McGraw-Hill International Edition.
- Peter, M.S. and Timmerhous, K.D., 1981, "Plant Design and Economic for Chemical Engineering", 3.ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- www.frontsys.com