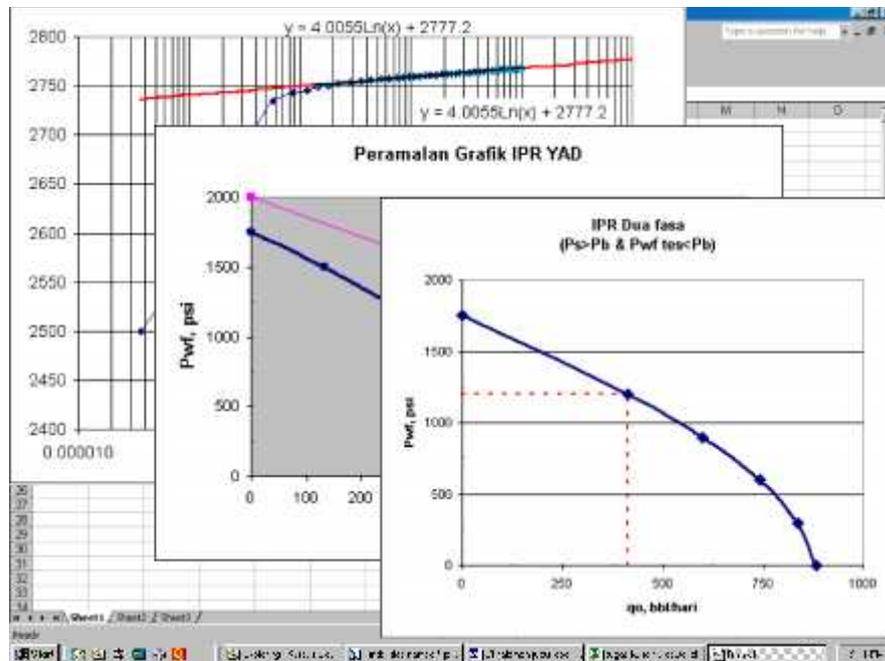


MODUL KULIAH

PENGENALAN KOMPUTER

TEKNIK PERMINYAKAN

(TM 208)



Disusun Oleh:
Ir. Joko Pamungkas, MT

JURUSAN TEKNIK PERMINYAKAN
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA
2005

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan bimbingan Nya pada kami selaku penyusun Modul Kuliah **Pengenalan Komputer (TM208)**.

Modul ini dibuat berdasarkan pengalaman penyusun pada beberapa Perusahaan Migas baik di PERTAMINA, TAC maupun KPS. Berdasarkan pengalaman tersebut dapat disimpulkan Bahwa Microsoft Excel mempunyai Peran sangat penting dalam Industri Migas.

Penyusun mengharapkan melalui modul ini dapat memberikan sedikit sumbangan pengetahuan tentang aplikasi microsoft Excel pada Teknik Perminyakan sehingga diharapkan mahasiswa tidak gagap teknologi, terutama aplikasi Microsoft Excel untuk menghadapi dunia kerja dilingkungan Industri Migas.

Modul ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan sumbangan kritik dan saran yang membangun untuk lebih sempurnanya modul ini di kemudian hari.

Yogyakarta, Februari 2005

Ir. Joko Pamungkas, MT

DAFTAR ISI

- BAB I PENDAHULUAN
- BAB II PERHITUNGAN CADANGAN VOLUMETRIK
- BAB III SIFAT FISIK MINYAK
- BAB IV PERMEABILITAS RELATIF
- BAB V INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP (IPR)
- BAB VI DRILL STEM TEST (DST)
- BAB VII GAS DELIVERABILITY
- BAB VIII PERENCANAAN LINTASAN SUMUR HORIZONTAL
- BAB IX PERENCANAAN SUMUR CLUSTER
- BAB X MACRO EXCEL DAN APLIKASI TEKNIK PERMINYAKAN

BAB I PENDAHULUAN

Microsoft Excel adalah generasi terbaru dari program spreadsheet yang berbasis window. Software ini menggunakan istilah Workbook sebagai dokumennya dimana didalamnya memuat beberapa lembar kerja yang dinamakan dengan worksheet. Setiap worksheet dapat diisi dengan data yang berbeda misalnya sheet pertama diisi dengan data dan pengolahan data, sheet kedua diisi dengan grafiknya dan seterusnya. Dengan Microsoft Excel anda akan mendapatkan banyak kemudahan dalam menyelesaikan pekerjaan perhitungan, rekapitulasi, sortir, pembuatan tabell dan grafik.

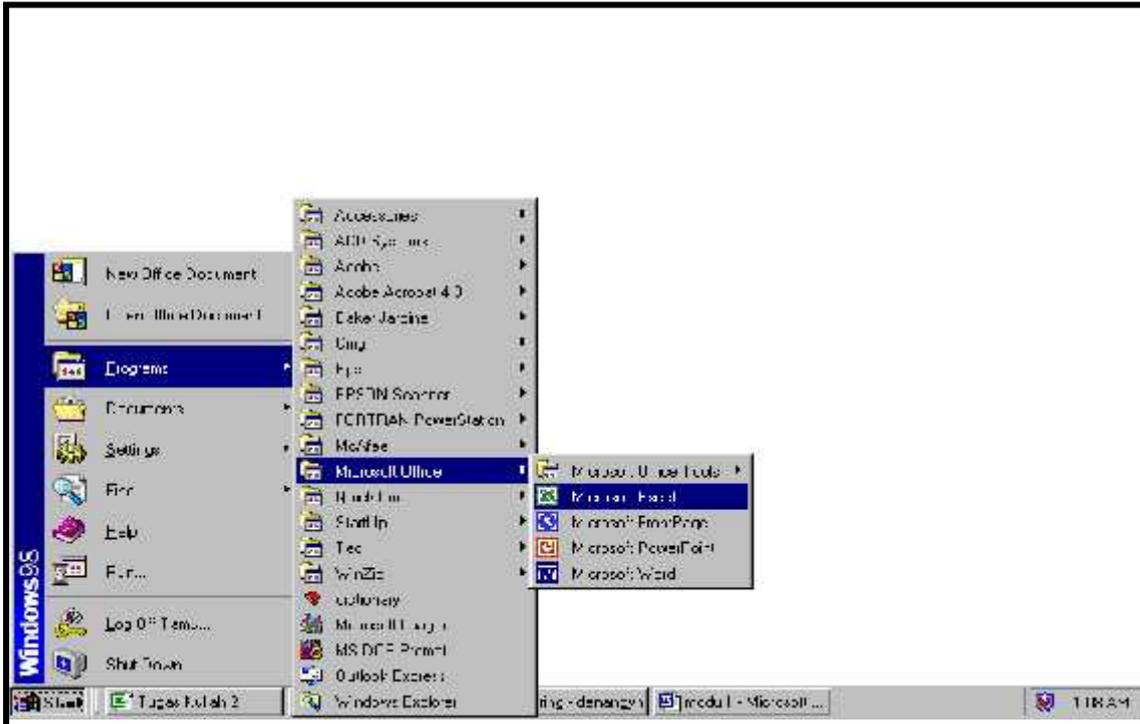
Memulai Excel

Ada beberapa cara untuk memulai Excel. Kita dapat menggunakan Excel dengan klik ganda pada icon shortcut yang telah kita buat sebelumnya pada desktop, atau kita dapat juga menggunakan Start Menu untuk memulainya. Jika memulai Excel dari start menu maka lakukan langkah-langkah sebagai berikut:

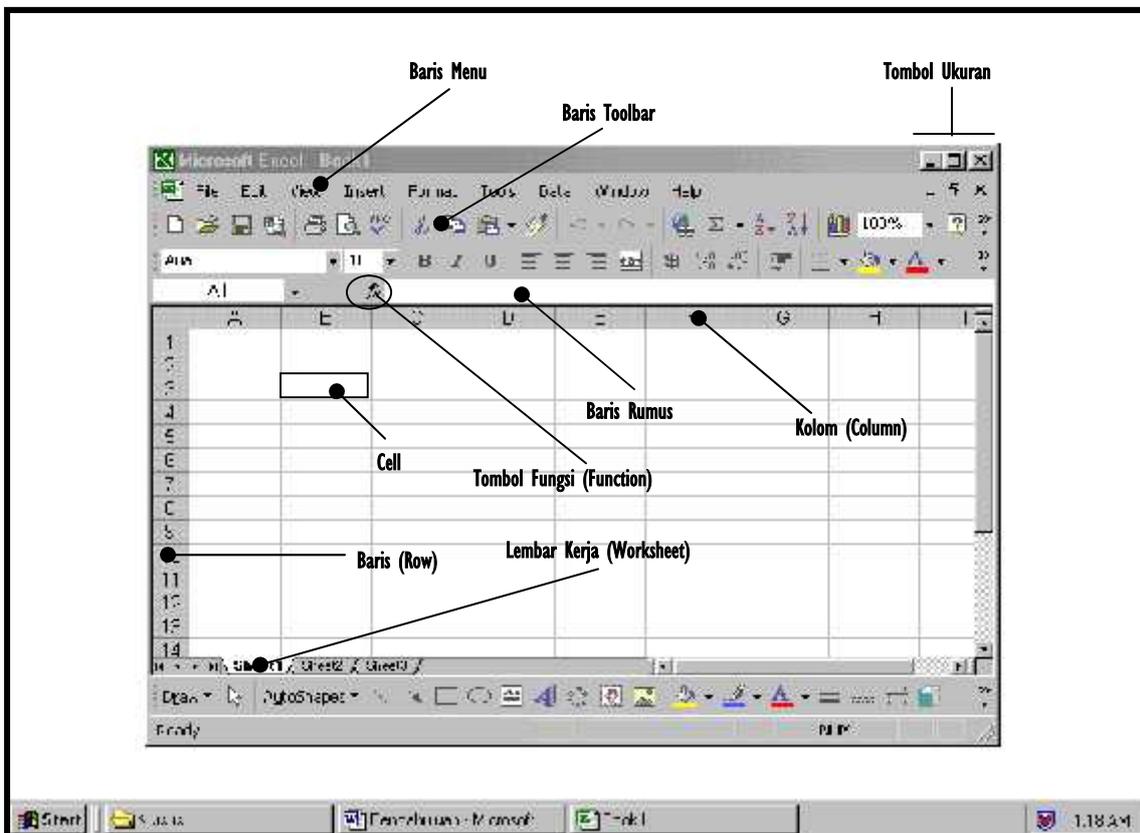
- Klik tombol **Start**
- Pilih menu **Programs**
- Pilih Microsoft Excel yang terdapat pada sub menu yang muncul

Atau :

- Klik tombol **Start**
- Klik menu **New Office Document**
- Pilih **Blank Workbook**, kemudian klik **Ok**



Cara menjalankan Microsoft Excel



Layar utama Microsoft Excel

Kolom, Baris, Sel Dan Range Pada Microsoft Excel

Kolom adalah bagian yang berada diatas worksheet yang memanjang secara horizontal dari kiri ke kanan. Dalam worksheet kolom diberikan nomor dengan huruf abjad yaitu dari A sampai dengan IV yang berjumlah 256 kolom. Lembar suatu kolom dapat diatur dengan kebutuhan dengan Drag (klik kiri pada mouse ditahan dan digeser).

Baris adalah bagian yang tersusun dan terletak disebelah kiri Worksheet dengan arah vertical dari atas kebawah. Baris diberi nomor dengan menggunakan angka dari 1 sampai dengan 65536.

Sel adalah koordinat atau pertemuan antara kolom dan baris yang dinyatakan dengan nomor kolom dan nomor baris. Contoh jika pointer terdapat pada Kolom B Baris 2, maka dinamakan dengan Sel B2. Sel sangat penting sekali perannya dalam program spreadsheet karena didalam sel seluruh data akan di inputkan dan diproses.

Range merupakan sekumpulan sel yang telah digabungkan menjadi satu dengan tujuan tertentu misalnya untuk pemformatan beberapa sel secara bersamaan, mencari nilai rata-rata dari sekumpulan data dan lain sebagainya. Contoh range adalah D4:G6 yang berarti mulai dari kolom D baris ke 4 sampai dengan kolom G baris ke 6. range juga dapat kita beri nama sesuai dengan data-data yang ada didalamnya. Tujuan pemberian nama range untuk mempermudah saat pengolahan data agar kita tidak melakukan pengeblokan berulang-ulang. Sehingga jika kita memerlukan data yang sama, kita cukup memanggil Nama Range yang sudah kita definisikan terlebih dahulu. Dengan kata lain pemberian nama range bertujuan untuk menyimpan data yang terdapat pada suatu range kedalam sebuah variable.

Jenis Data Pada Microsoft Excel

Secara garis besar Microsoft Excel membagi data yang akan diolah menjadi dua jenis yaitu:

1. Data Karakter

Yaitu seluruh data yang **tidak dapat** dioperasikan dengan operator Aritmatika.

2. Data Numerik

Yaitu seluruh data yang **dapat** dioperasikan dengan operator Aritmatika.

Operator Aritmatika Pada Microsoft Excel

Operator Aritmatika pada Ms Excel seperti pada tabel :

Simbol	Arti
+	Penjumlahan
-	Pengurangan
*	Perkalian
/	Pembagian
^	Pangkat

Operator Perbandingan Pada Microsoft Excel

Operator Perbandingan pada Ms Excel seperti pada tabel :

Simbol	Arti
=	Sama Dengan
>	Lebih Besar
<	Lebih Kecil
>=	Lebih Besar sama dengan
<=	Lebih Kecil sama dengan

Fungsi Statistik Pada Microsoft Excel

1. Fungsi Penjumlahan Data = SUM(Range)
2. Fungsi Mendapatkan Nilai Terbesar = MAX(Range)
3. Fungsi Mendapatkan Nilai Terkecil = MIN(Range)
4. Fungsi Mendapatkan Nilai Rata-Rata = AVERAGE(Range)
5. Fungsi Mendapatkan Jumlah Data = COUNT(Range)
6. Fungsi Mendapatkan Standart Deviasi = STDEV(Range)

Fungsi Logika Pada Microsoft Excel

Fungsi Logika berfungsi untuk menguji suatu kondisi dengan syarat tertentu untuk mendapatkan nilai benar atau salah. Logika tunggal adalah pengujian dengan menggunakan satu syarat yang ditetapkan. Statement fungsi logika adalah sebagai berikut :

=IF(Logical_test; Value_if_true; Value_if_false)

keterangan :

- Logical_test = Sel yang diuji dengan syarat yang ditetapkan
- Value_if_true = Operasi jika syarat yang ditetapkan terpenuhi
- Value_if_false = Operasi jika syarat yang ditetapkan **tidak** terpenuhi

Fungsi VLookUp Pada Microsoft Excel

Fungsi VLOOKUP dipergunakan untuk pengisian sel dengan membaca tabel Referensi yang telah dibuat sebelumnya berdasarkan kode yang terdapat pada sel kunci. Statement fungsi VLOOKUP adalah sebagai berikut :

=VLOOKUP(LookUp_Table; Table_Array; Col_Index_Num; Range_LookUp)

keterangan :

- LookUp_Table = Alamat sel yang berfungsi sebagai kunci penghubung dengan tabel referensi
- Table_Array = Nama range tabel referensi yang sudah didefinisikan sebelumnya
- Col_Index_Num = Angka Index yang menunjukkan nomor kolom pada tabel referensi yang dibaca
- Range_LookUp = Suatu elemen logika TRUE dimana data akan diolah dengan pendekatan/pembulatan pada sel kunci dan data kunci sehingga kebenaran tidak akurat, atau FALSE akan menyatakan setiap sel kunci yang tidak sesuai dengan data kunci referensi

BAB II CADANGAN VOLUMETRIK MINYAK DAN GAS

Teori Perhitungan (Original Oil In Place) OOIP dan (Original Gas In Place) OGIP,

$$OOIP = \frac{7758 \times V_b \times \Phi \times (1 - S_w)}{B_{oi}}$$

OOIP : Original Oil In Place, STB

V_b : volume bulk, acre-ft

ϕ : porosity, fraction

S_w : water saturation, fraction

B_{oi} : volume factor oil, RB/stb

$$OGIP = \frac{43560 \times V_b \times \Phi \times (1 - S_w)}{B_{gi}}$$

OGIP : Original Gas in Place, SCF

B_{gi} : volume factor for gas, scf / cf

Metode Penentuan Volume Zona Produktif

Ada dua metode yang sering digunakan dalam penentuan volume zona produktif, yaitu :

1. Metode Pyramidal

$$\Delta V_b = \frac{h}{3} (A_n + A_{n+1} + \sqrt{A_n A_{n+1}})$$

2. Metode Trapezoidal

$$\Delta V_b = \frac{h}{2} (A_n + A_{n+1})$$

Syarat : metode trapezoidal digunakan bila $A_{n+1} / A_n \geq 0.5$

Contoh I

Diketahui Data Volume Reservoir sebagai berikut :

Area Produktif	Luas Area (Acre)	Interfal (ft)
A0	450	
A1	375	5
A2	303	5
A3	231	5
A4	154	5
A5	74	5
A6	0	4

Data Properties sebagai berikut:

No. Data	Porositas Fraksi	Swi fraksi	Boi Bbl / stb	Bgi Cf / scf
1	0.15	0.1	1.25	0.01151
2	0.17	0.2	1.26	0.01251
3	0.19	0.3	1.27	0.01351
4	0.21	0.4	1.28	0.01451
5	0.23	0.5	1.29	0.01651
6	0.15	0.1	1.25	0.01151
7	0.17	0.2	1.26	0.01251
8	0.19	0.3	1.27	0.01351
9	0.21	0.4	1.28	0.01451
10	0.23	0.5	1.29	0.01651

Hitung Volume Reservoir, OOIP dan OGIP

Penyelesaian

1. Jalankan Program Microsoft Excel melalui Start Menu Program,
2. Buat tabel data di bawah ini pada worksheet yang tersedia (sheet 1)

The screenshot shows a Microsoft Excel window titled "Microsoft Excel - Hasil Tugas Kuliah 1.xls". The worksheet contains the following data:

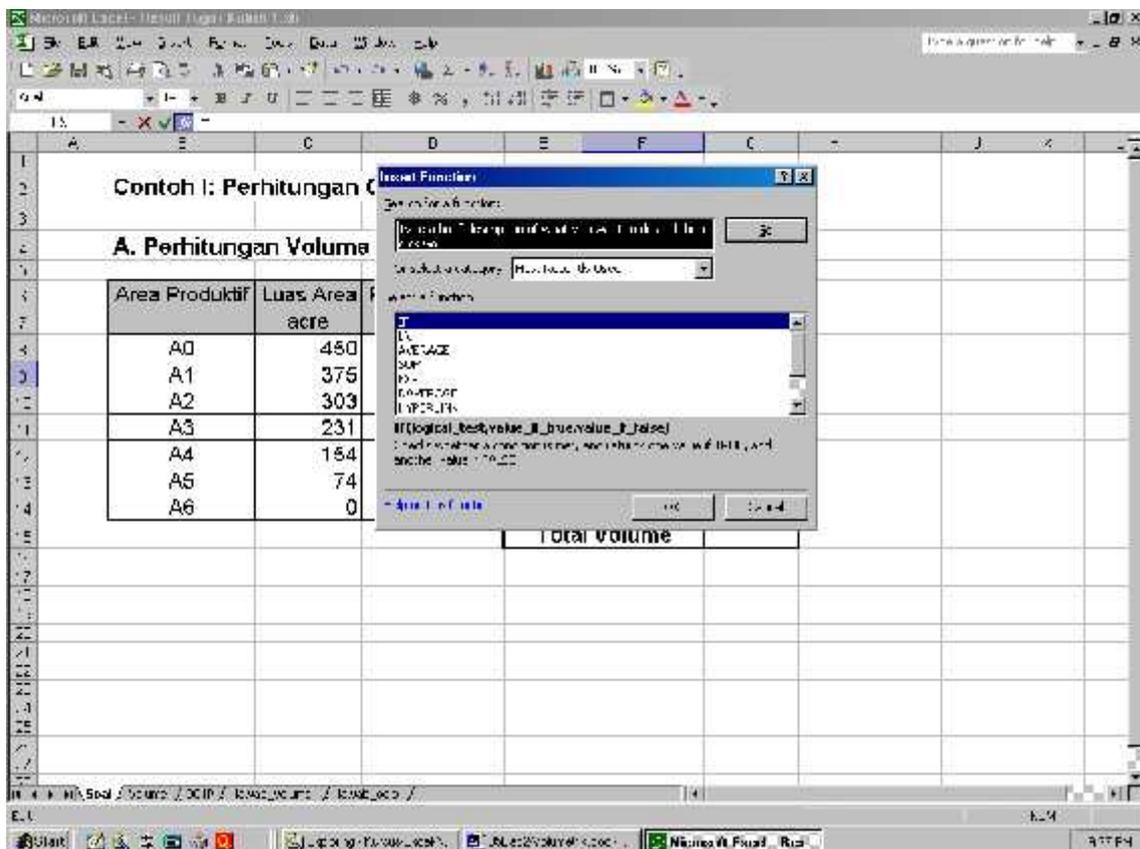
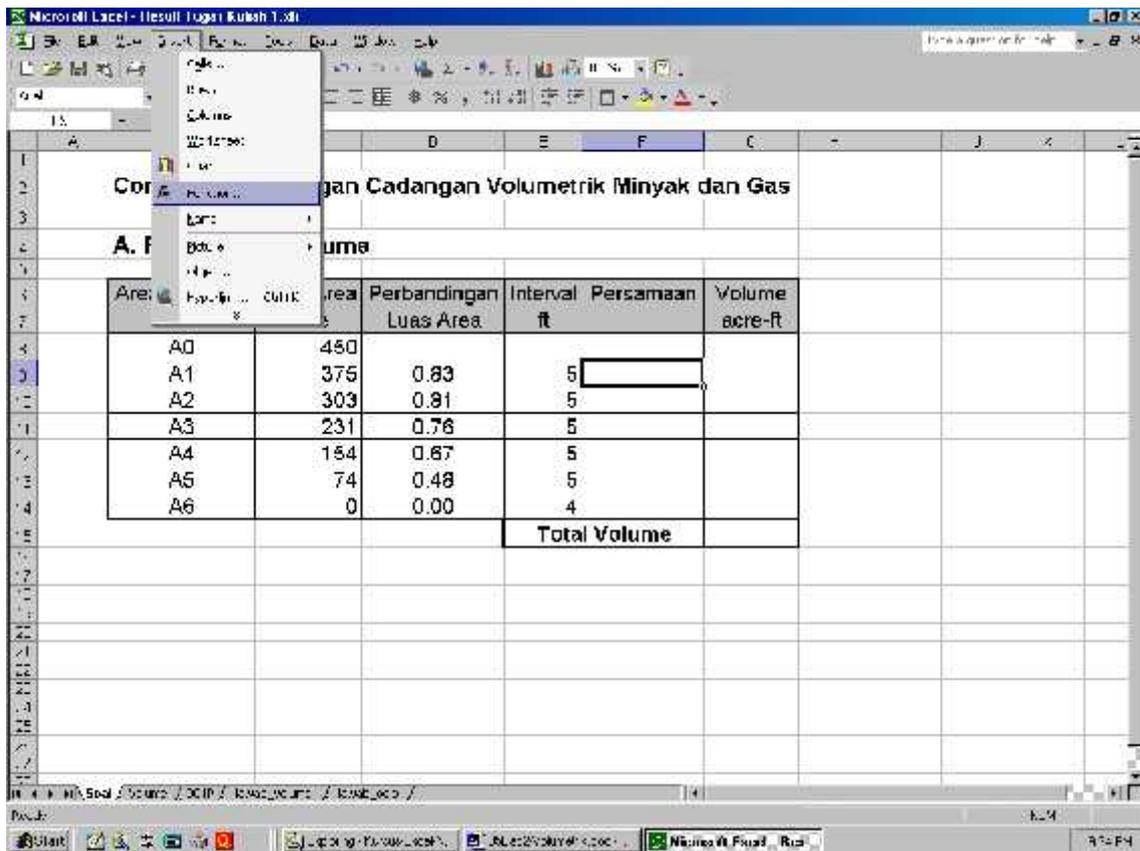
Area Produktif	Luas Area acre	Perbandingan Luas Area	Interval ft	Persamaan	Volume acre-ft
A0	450				
A1	375		5		
A2	303		5		
A3	231		5		
A4	154		5		
A5	74		5		
A6	0		4		
Total Volume					

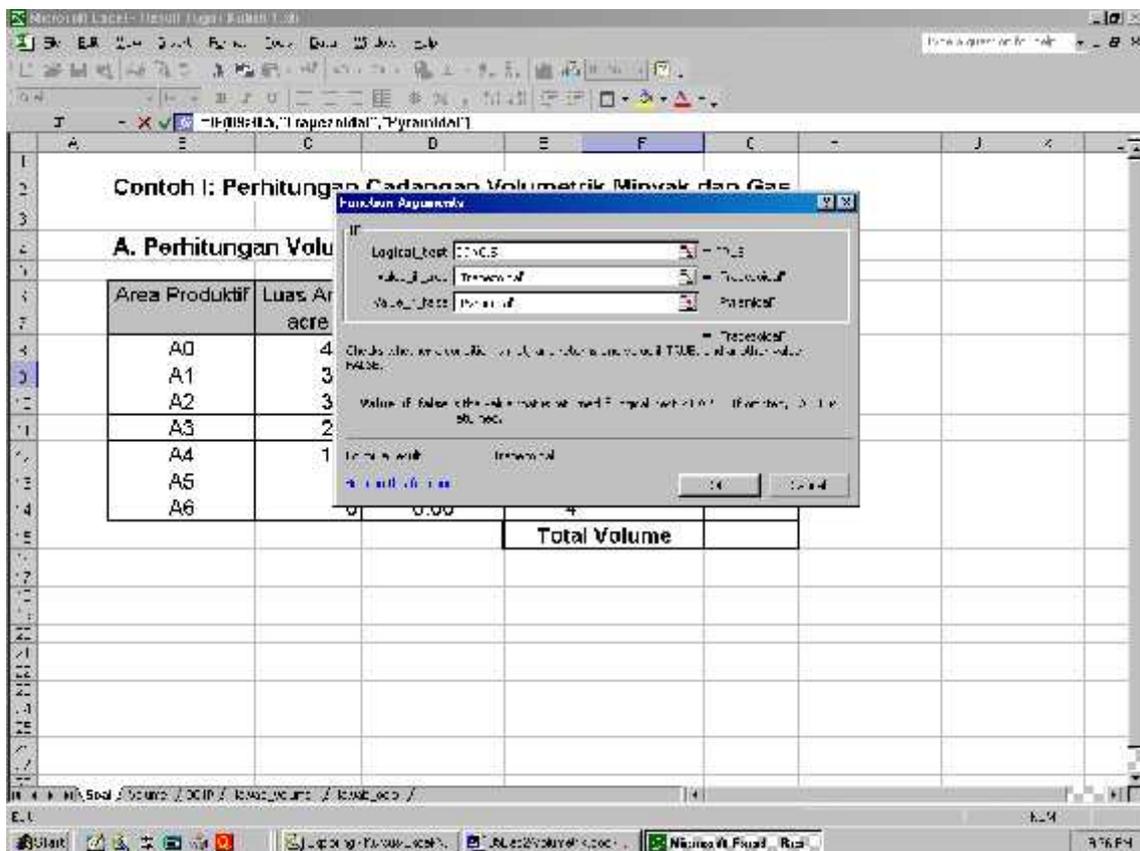
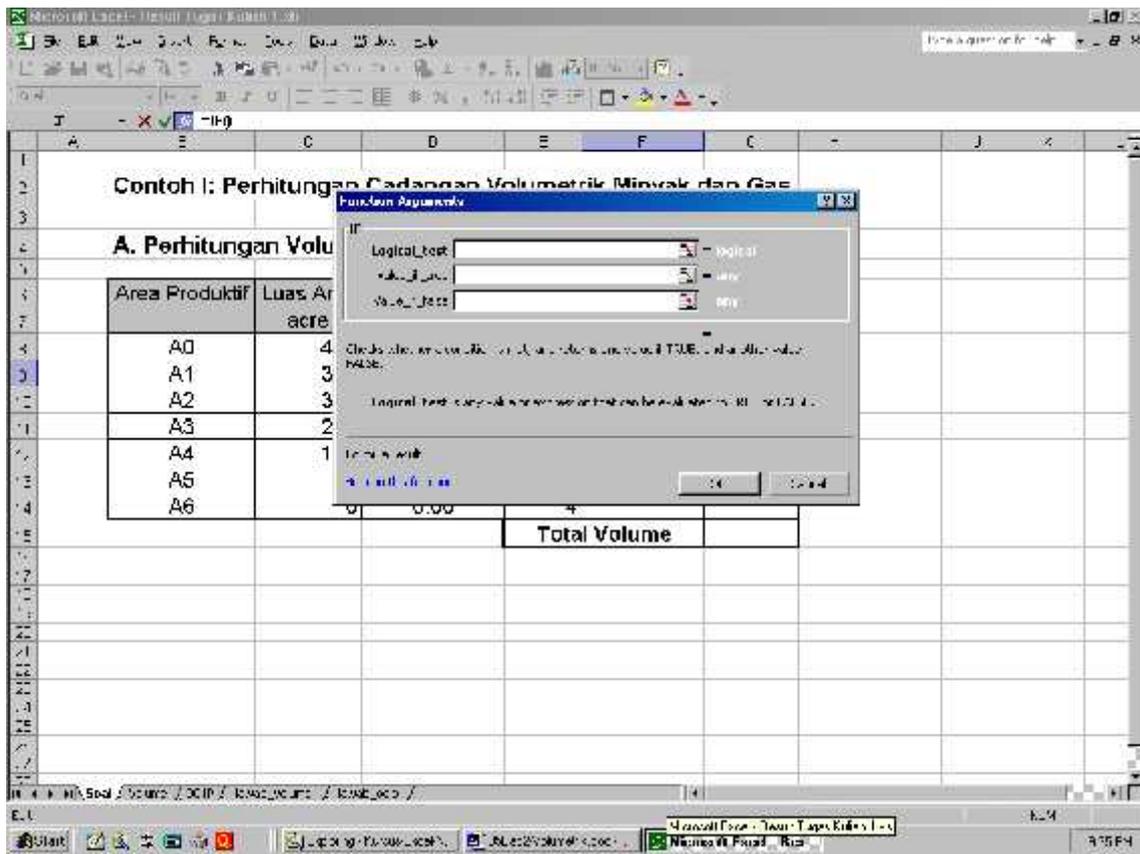
3. Hitung perbandingan luas area, A_{n+1}/A_n
 - a. Click pada cell **D9**.
 - b. Masukkan persamaan dimulai dengan tanda "=", diikuti oleh functions dan cell yang akan dihitung.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data in the 'A. Perhitungan Volume' table:

Area Produktif	Luas Area acre	Perbandingan Luas Area	Interval ft	Persamaan	Volume acre-ft
A0	450				
A1	375	=C9/C8	5		
A2	303		5		
A3	231		5		
A4	154		5		
A5	74		5		
A6	0		4		
Total Volume					

- c. Pada gambar diatas diperlihatkan Perbandingan Luas Area (cell D9) = Luas Area (cell C9) dibagi Luas Area (cell C8). Kemudian tekan **Enter** atau klik tanda **↵**.
 - d. Lakukan hal yang sama untuk cell **D10** s/d **D14**,
 - Klik pada cell D9, posisikan mouse pada pojok kanan bawah (sampai membentuk tanda "+"), kemudian klik dan tarik sampai cell **D14**, atau
 - **Copy** cell D9 dan **paste** kan pada cell **D10** sampai cell **D14**.
4. Tentukan persamaan yang akan digunakan.
- Syarat yang digunakan adalah apabila $A_{n+1}/A_n > 0.5$ digunakan metode Trapezoidal. Untuk sementara ketikkan secara manual metode yang digunakan pada cell F9 sampai F14. Atau dapat kita gunakan function logika "IF",
- a. Klik pada cell F9
 - b. Gunakan fungsi "IF", klik **Insert** kemudian **Function...**,
 - c. Pilih functions "IF",
 - d. Masukkan pada kolom 'logical test', cell yang dikondisikan yaitu **D9** dan tambahkan syarat untuk menentukan persamaan digunakan yaitu lebih dari 0.5 (masukkan ">0.5").
 - d. Masukkan juga pada kolom 'value_if_true' : "Trapezoidal", dan pada kolom 'value if false' : "Pyramidal". Hal ini menyatakan bahwa bila pada cell **D9** bernilai lebih dari **0.5** maka pada cell **F9** akan didefinisikan **Persamaan** yang akan digunakan, yaitu **Trapezoidal** ataukah **Pyramidal**.
 - e. Klik **OK** atau tekan **Enter**. Kemudian lakukan seperti langkah 3d, untuk kolom-kolom berikutnya.





5. Hitung Volume,

a. Dengan persamaan untuk :

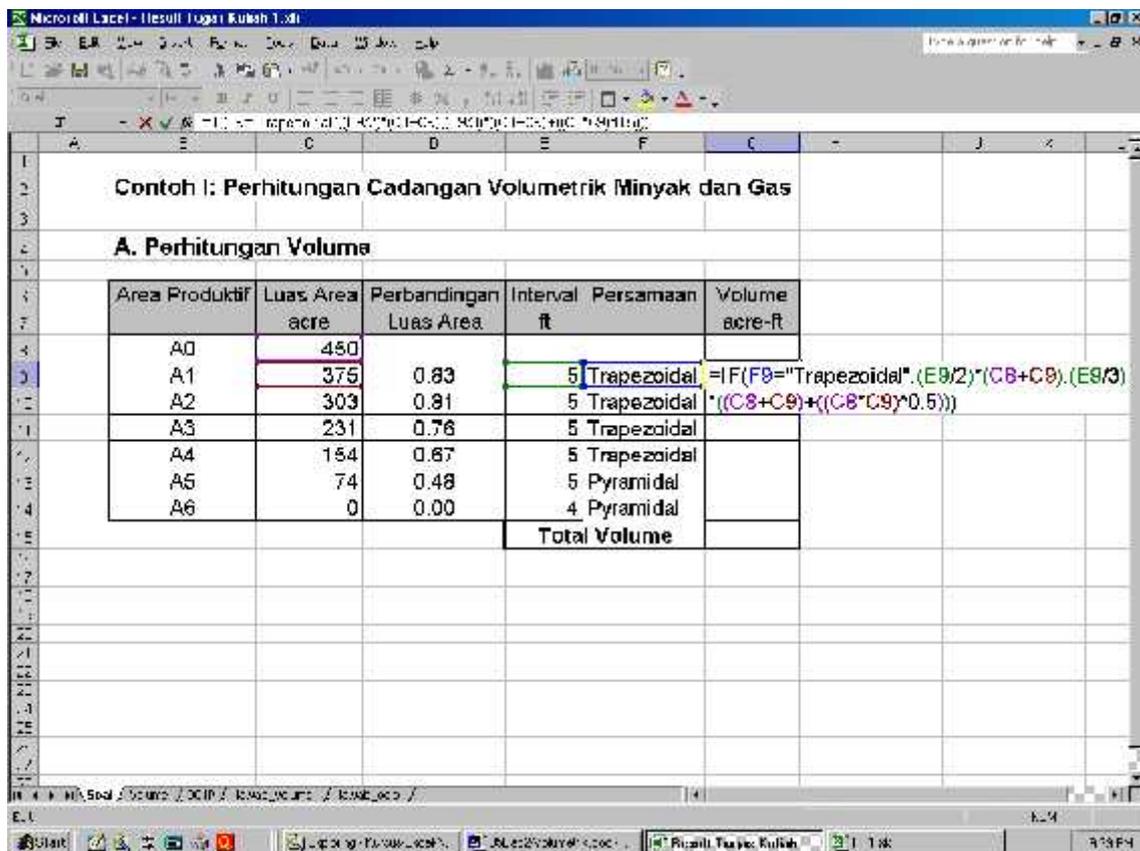
Metode Pyramidal

$$\Delta V_b = \frac{h}{3} (A_h + A_{h+1} + \sqrt{A_h A_{h+1}})$$

Metode Trapezoidal

$$\Delta V_b = \frac{h}{2} (A_h + A_{h+1})$$

b. Kemudian tekan **Enter** atau klik tanda \bar{O} .



Microsoft Excel - Hasil Tugas Kuliah 1.XL1

Contoh I: Perhitungan Cadangan Volumetrik Minyak dan Gas

A. Perhitungan Volume

Area Produktif	Luas Area acre	Perbandingan Luas Area	Interval ft	Persamaan	Volume acre-ft
A0	450				
A1	375	0.83	5	Trapezoidal	2063
A2	303	0.67	5	Trapezoidal	1695
A3	231	0.51	5	Trapezoidal	1335
A4	154	0.34	5	Trapezoidal	983
A5	74	0.16	5	Pyramidal	558
A6	0	0.00	4	Pyramidal	99
Total Volume					=SUM(G9:G14)

6. Buat tabel data di bawah ini pada worksheet yang tersedia (sheet 2)

Microsoft Excel - Hasil Tugas Kuliah 1.XL1

Contoh I: Perhitungan Cadangan Volumetrik Minyak dan Gas

B. Perhitungan rata-rata: Porositas, Swi, Boi, Bgi

No. Data	Porositas fraksi	Swi fraksi	Boi bbl/stb	Bgi cf/scf
1	0.15	0.1	1.25	0.01151
2	0.17	0.2	1.28	0.01251
3	0.19	0.3	1.27	0.01351
4	0.21	0.4	1.28	0.01451
5	0.23	0.5	1.29	0.01651
6	0.15	0.1	1.25	0.01151
7	0.17	0.2	1.26	0.01251
8	0.19	0.3	1.27	0.01351
9	0.21	0.4	1.28	0.01451
10	0.23	0.5	1.29	0.01651
Rata-rata				

B. Perhitungan OOIP dan OGIP

Parameter	Harga	Satuan
Volume		ac-ft
Porositas rata-rata		fraksi
Saturasi air rata-rata		fraksi
Boi rata-rata		bbl/stb
Bgi rata-rata		cf/scf
OOIP		stb
OGIP		scf

Hitung harga rata rata untuk Porositas, Saturasi air dan FVF Minyak (Bo),

- a. Gunakan Function... Average pada cell C19 dan masukkan range kolom yang akan dirata-rata yaitu cell C9 sampai C18 (ketik C9:C18).

Contoh I: Perhitungan Cadangan Volumetrik Minyak dan Gas						
B. Perhitungan rata-rata: Porositas, Swi, Boi, Bgi					B. Perhitungan OOIP dan OGIP	
No. Data	Porositas fraksi	Swi fraksi	Boi bbl/stb	Bgi cf/scf	Parameter	Harga Satuan
1	0.15	0.1	1.25	0.01151	Volume	ac-ft
2	0.17	0.2	1.26	0.01251	Porositas rata-rata	fraksi
3	0.19	0.3	1.27	0.01351	Saturasi air rata-rata	fraksi
4	0.21	0.4	1.28	0.01451	Boi rata-rata	bbl/stb
5	0.23	0.5	1.29	0.01651	Bgi rata-rata	cf/scf
6	0.15	0.1	1.25	0.01151	OOIP	stb
7	0.17	0.2	1.26	0.01251	OGIP	scf
8	0.19	0.3	1.27	0.01351		
9	0.21	0.4	1.28	0.01451		
10	0.23	0.5	1.29	0.01651		
Rata-rata = average(C9:C18)						

- b. Kemudian tekan Enter atau klik tanda $\bar{\square}$.
- c. Lakukan perintah yang sama untuk kolom Saturasi dan Bo.

7. Hitung OOIP dan OGIP,

- a. Masukkan data data yang sudah diketahui, yaitu Volume, Porositas, Saturasi dan Bo rata-rata pada kolom perhitungan OOIP dan OGIP
- b. Hitung OOIP dan OGIP dengan persamaan :

$$OOIP = \frac{7758 \times V_b \times \Phi \times (1 - S_w)}{B_{oi}}$$

$$OGIP = \frac{43560 \times V_b \times \Phi \times (1 - S_w)}{B_{gi}}$$

BAB III SIFAT FISIK MINYAK

Teori Sifat Fisik Minyak

1. Kelarutan Gas Dalam Minyak (R_s).

- Untuk Kondisi $P < P_b$

$$R_s = \gamma_g \left[\left(\frac{P}{182} + 1.4 \right) 10^{0.0125API + 0.0009(T-460)} \right]^{1.2048}$$

- Untuk Kondisi $P > P_b$

Kelarutan gas dalam minyak diatas tekanan bubble point sama dengan kelarutan gas dalam minyak pada bubble point.

2. Faktor Volume Formasi Minyak (B_o)

- Untuk Kondisi $P < P_b$

$$B_o = 0.9759 + 0.000120 \left[R_s \left(\frac{x_g}{x_o} \right)^{0.5} + 1.25(T - 460) \right]^{1.2}$$

- Untuk Kondisi $P > P_b$

$$B_o = B_{ob} \text{EXP}[-C_o(P - P_b)]$$

dimana :

B_{ob} = faktor volume formasi minyak pada P_b , bbl/STB

3. Viscositas Minyak (μ_o)

- Untuk Kondisi $P < P_b$

$$\mu_o = \mu_{ob} \left(\frac{P}{P_b} \right)^{-0.14} \text{EXP}(-2.5(10^{-4})(P - P_b))$$

- Untuk Kondisi $P > P_b$

$$\mu_o = \mu_{ob} \text{EXP}[9.6(10^{-5})(P - P_b)]$$

4. Kompresibilitas Minyak (C_o)

$$C_o = \frac{(-1.433 + 5 R_s + 17.2(T - 460) - 1180 x_g + 12.61 API)}{P(10^5)}$$

Contoh 2

Diketahui :

$\gamma_o = 0.83$ $T = 703.2 \text{ } ^\circ\text{R}$
 $\gamma_g = 0.87$ $\text{GOR}_{\text{tot}} = 345 \text{ SCF/BBL}$
 $^{\circ}\text{API} = 38.98192771$ $\mu_{\text{ob}} = 0.573028018$

Tekanan reservoir = 2375 Psi
 Temperatur reservoir = 703.2 $^{\circ}\text{R}$
 Tekanan bubble = 1901 Psi
 Tekanan abandon = 500 Psi

Tekanan Psia	Rs SCF/STB	Co Psia ⁻¹	Bo BBL/STB	μ_o cp
500				
734				
967				
1201				
1434				
1668				
1901				
1951				
2022				
2092				
2163				
2234				
2304				

Hitung Rs, Co, Bo, dan μ_o ,

Penyelesaian

1. Masukkan persamaan untuk menghitung R_s , C_o , B_o , dan μ_o , pada cell yang sudah ditentukan.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Tugas Kuliah 2.XLS". The spreadsheet is used for calculating oil properties. It includes the following data and formulas:

Input Parameters:

- C.C.I. = 0.01
- T = 703.2 P
- GCR_{int} = 345 SCF/E9L
- API = 30.9015
- μ_{as} = 1.571120

Table of Calculations:

Tekanan Psa	R_s SCF/SIB	C_o Psa ⁻¹	B_o BBL/SIB	μ_o cp
500	=90.17*(0.010102)^(1.4) * 1.79E-01 * 30.9015 - 0.0009 * 72.41 * 0.94			
734				
967				
1201				
1434				
1660				
1901				
2161				
2422				
2692				
2961				
3234				
3504				

Microsoft Excel - Tugas Kuliah 2.XLS

File Edit View Insert Format Tools Window Help

Type a question for help

Formulas: $=X \checkmark \& \{=(1/10)+(1/10)+(1/10)+1/10\} \{=(1/10)+(1/10)+(1/10)+(1/10)+(1/10)\}$

Contoh 2
Sifat Fisik Minyak

Titik dididih:

$T_c = 300.15$ $T = 703.2$ P
 $\gamma_c = 0.87$ GORbul = 345 SCF/EOL
 $\gamma_{PI} = 0.9015$ $\mu_{ob} = 1.571120$

Tekanan	Ra	Ca	Pa	μ_o
Psia	SCF/SIB	Psia ⁻¹	BBL/SIB	cp
500	104.602	$=(-14.11) + (0.175)(17.2)(44-430) - (1.17)(0.047) - (1.61)(0.17)(0.17 - 0.05)$		
734				
967				
1201				
1434				
1660				
1901				
2161				
2422				
2692				
2963				
3234				
3504				

Microsoft Excel - Tugas Kuliah 2.XLS

Microsoft Excel - Tugas Kuliah 2.XLS

File Edit View Insert Format Tools Window Help

Type a question for help

Formulas: $=X \checkmark \& \{=(1/10)+(1/10)+(1/10)+1/10\} \{=(1/10)+(1/10)+(1/10)+(1/10)+(1/10)\}$

Contoh 2
Sifat Fisik Minyak

Titik dididih:

$T_c = 300.15$ $T = 703.2$ P
 $\gamma_c = 0.87$ GORbul = 345 SCF/EOL
 $\gamma_{PI} = 0.9015$ $\mu_{ob} = 1.571120$

Tekanan	Ra	Ca	Pa	μ_o
Psia	SCF/SIB	Psia ⁻¹	BBL/SIB	cp
500	104.602	$=(-14.11) + (0.175)(17.2)(44-430) - (1.17)(0.047) - (1.61)(0.17)(0.17 - 0.05)$		
734				
967				
1201				
1434				
1660				
1901				
2161				
2422				
2692				
2963				
3234				
3504				

Microsoft Excel - Tugas Kuliah 2.XLS

Contoh 2
Sifat Fisik Minyak

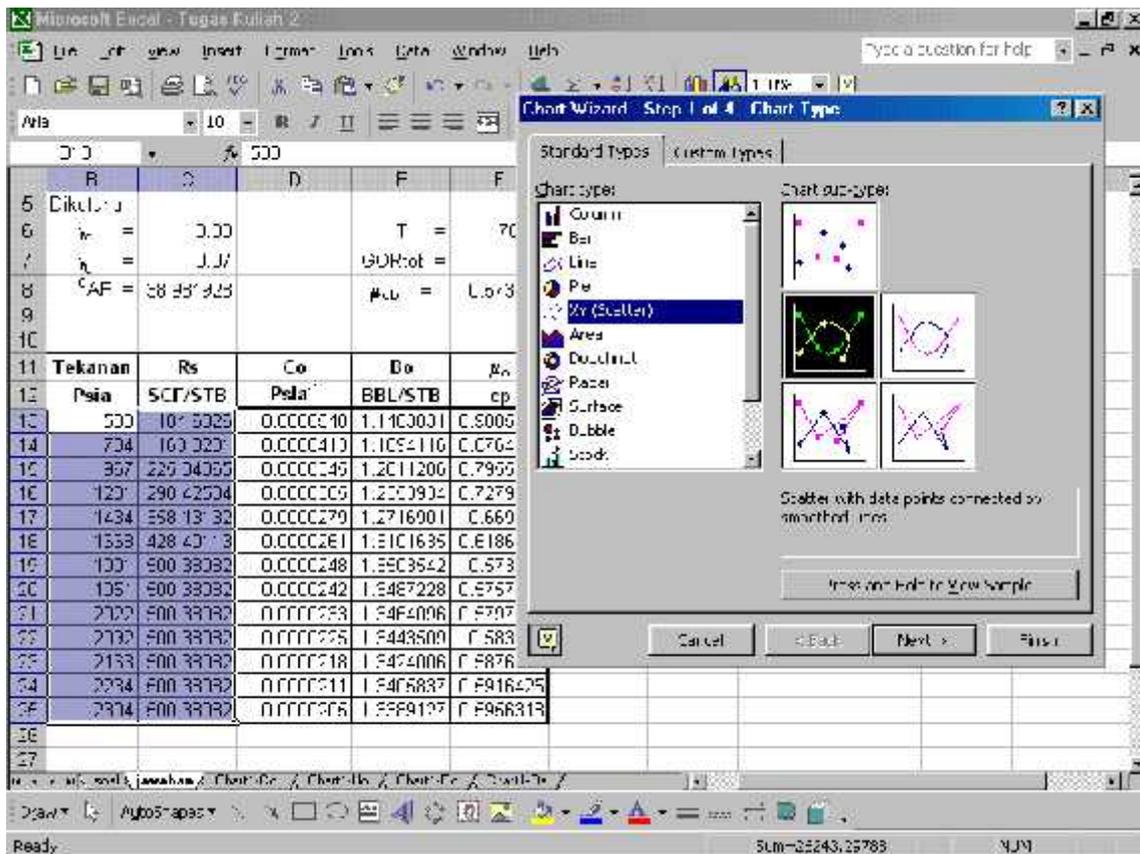
Γ. Ikhtahil
 $\gamma_o = 0.87$
 $\gamma_p = 0.87$
 $\gamma_{API} = 30.90150$

$T = 703.2$ P
 $GOR_{tot} = 345$ SCF/E3L
 $\mu_{as} = 1.71120$

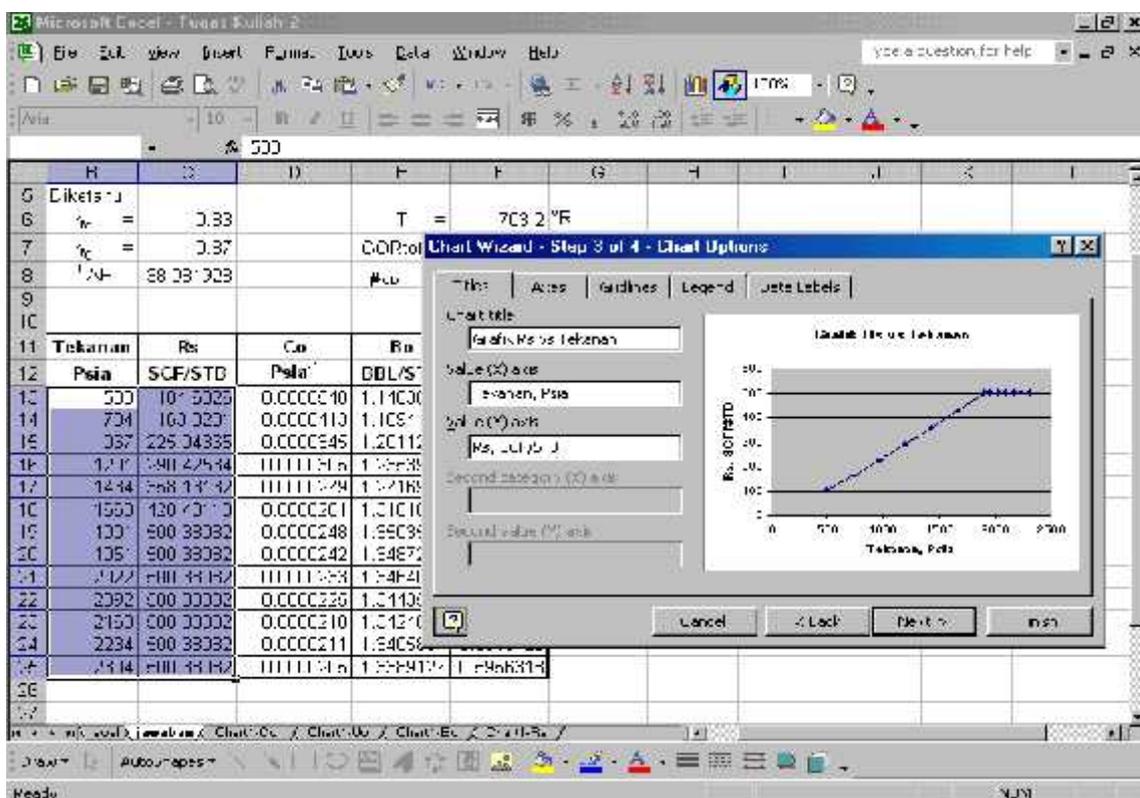
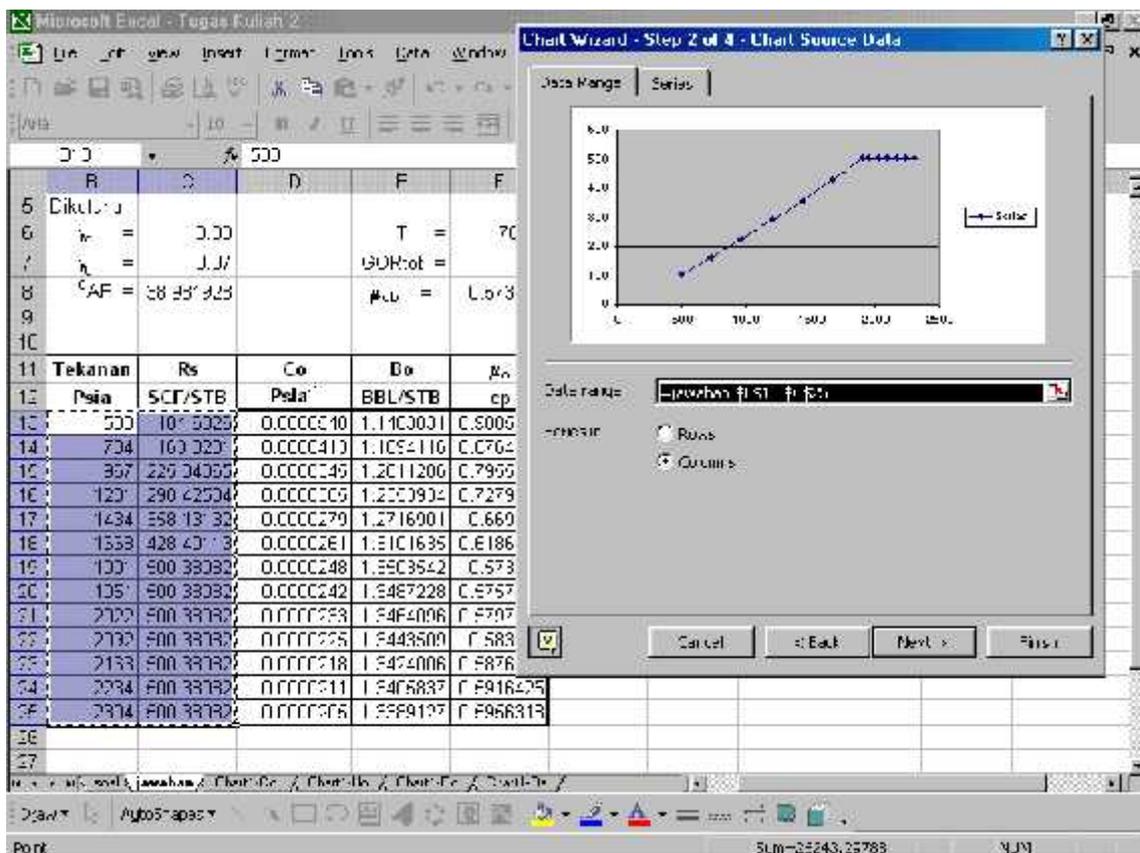
Tekanan	Rs	Ca	Pa	Ia
Psta	SCF/SIB	Psta ⁻¹	BBL/SIB	cp
500	104.6028	5.40E-05	1.147773	=1.14*(1.19-1.14)*Pa*(2.5*(10^-4)*(T-130))
734				
967				
1201				
1434				
1660				
1901				
2151				
2422				
2692				
2963				
3234				
3504				

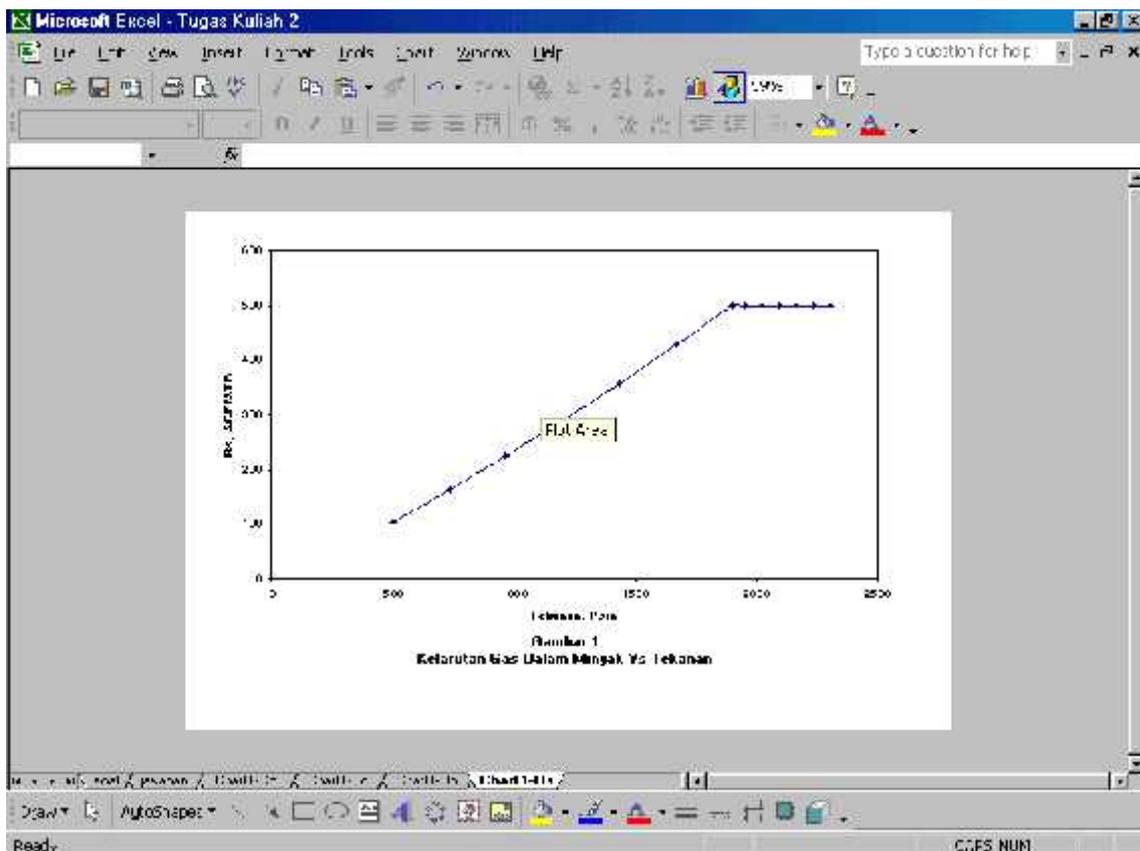
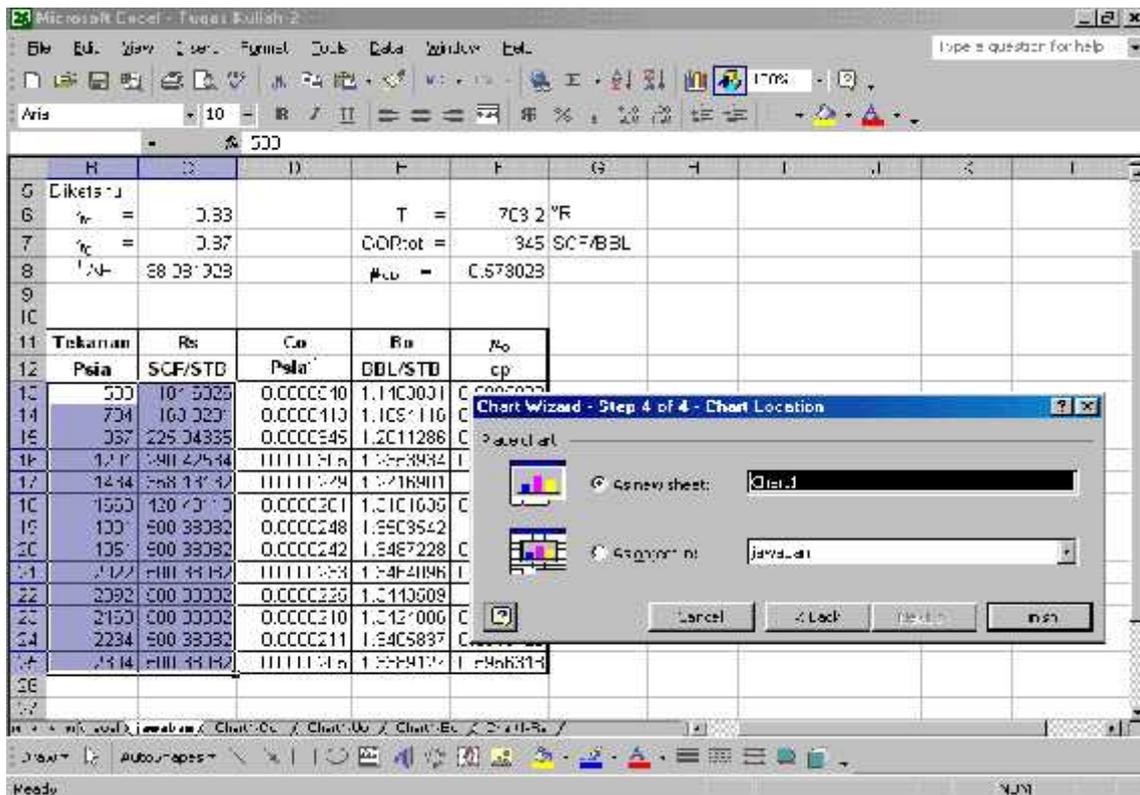
2. Plot kurva,

- a. Sorot kolom yang akan di plot, misal untuk plot kurva Rs vs Tekanan sorot kolom B13 s/d B25 dan kolom C13 s/d C25. Kemudian klik pada Tab Insert pilih Chart.... atau tekan tombol 



- Pilih XY (Scatter) kemudian klik Next.
- Pada bagian berikutnya dapat kita lihat hasil plot Rs vs Tekanan, kemudian klik Next.
- Pada bagian Chart Options ini kita dapat mengatur Grafik yang sudah dibuat, dari Penamaan grafik, penamaan koordinat X dan Y sampai dengan pengaturan Data Labels. Kemudian klik Next.
- Letakkan grafik yang sudah dibuat sebagai Sheet baru atau sebagai obyek bersamaan dengan tabel.





Langkah selanjutnya adalah buat plot kurva untuk :

- Bo vs Tekanan
- Co vs Tekanan
- μ_o vs Tekanan

BAB IV PERMEABILITAS RELATIF

Dasar Teori

Dalam hal ini, akan dicari korelasi hubungan antara S_w vs K_{rw} dan S_w vs K_{row} . dari beberapa data pengukuran S_w , K_{rw} dan K_{row} , korelasi yang dicari dalam bentuk Polinomial.

Contoh 3

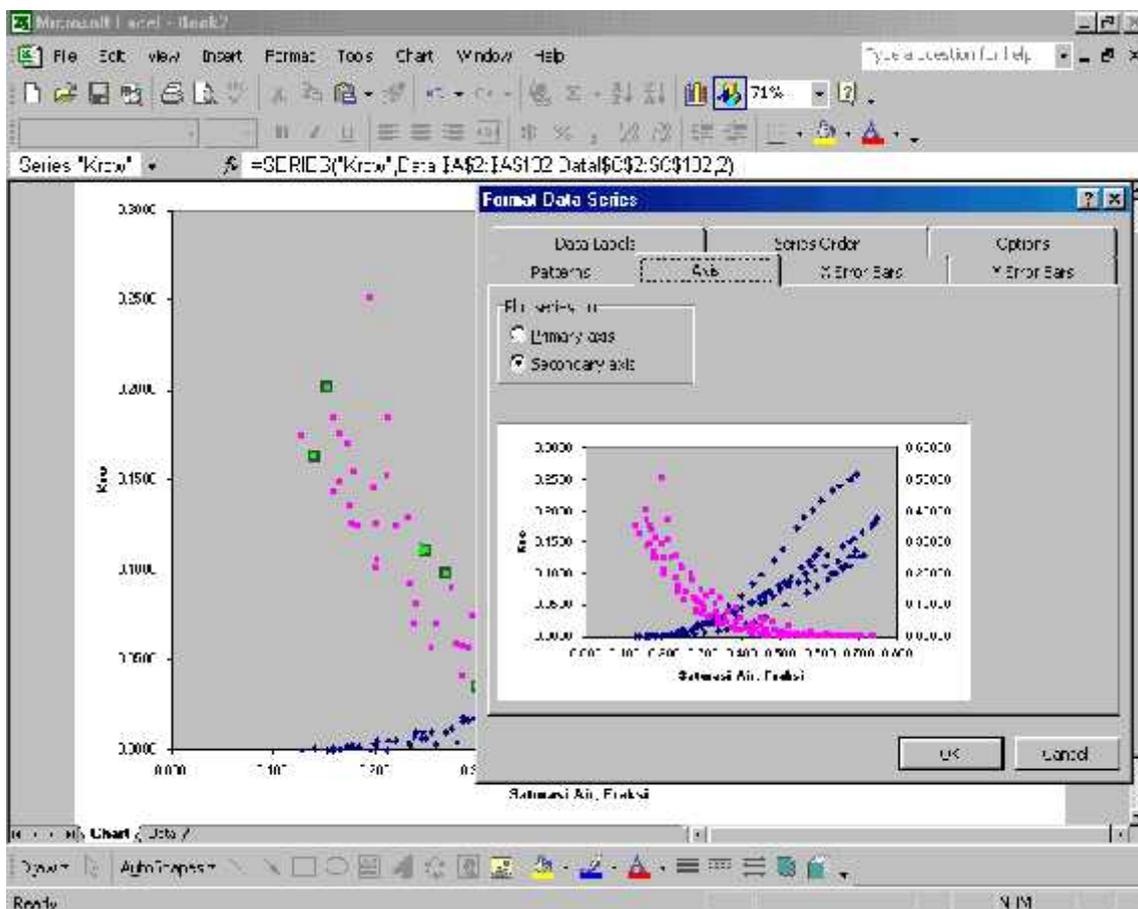
Diketahui Data Pengukuran S_w , K_{rw} dan K_{row} sebagai berikut :

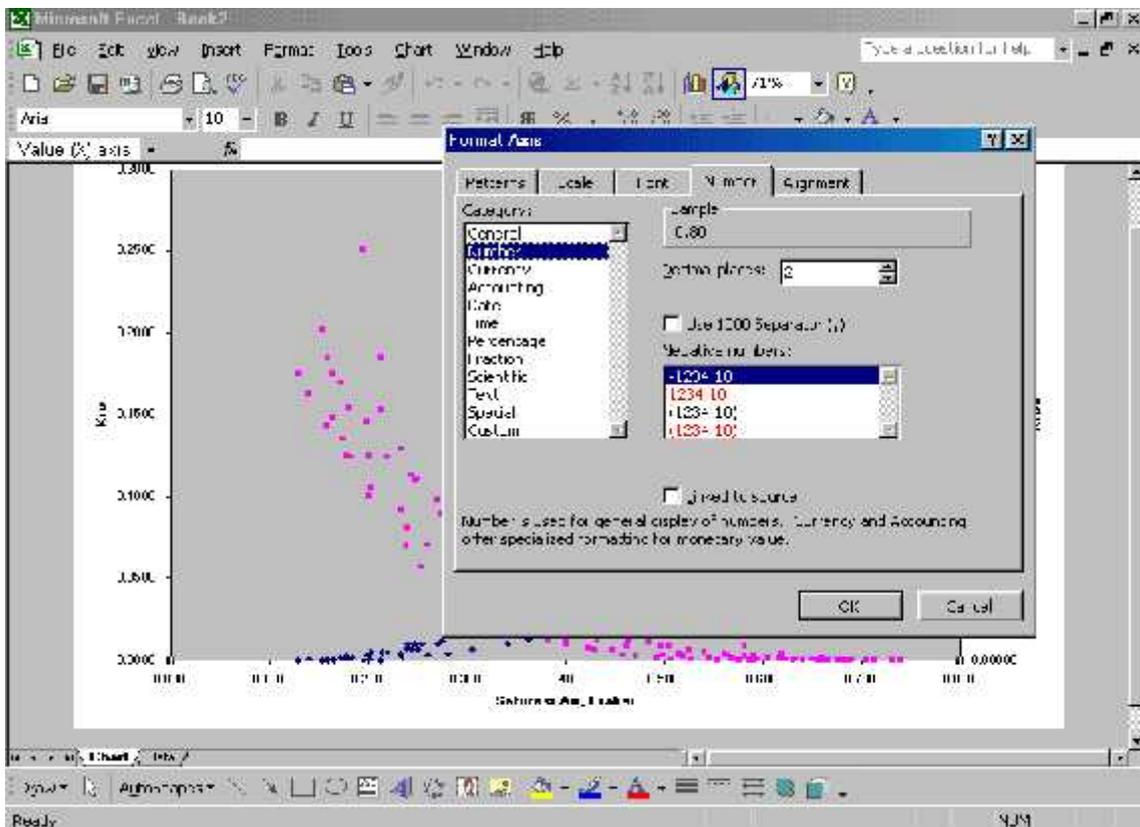
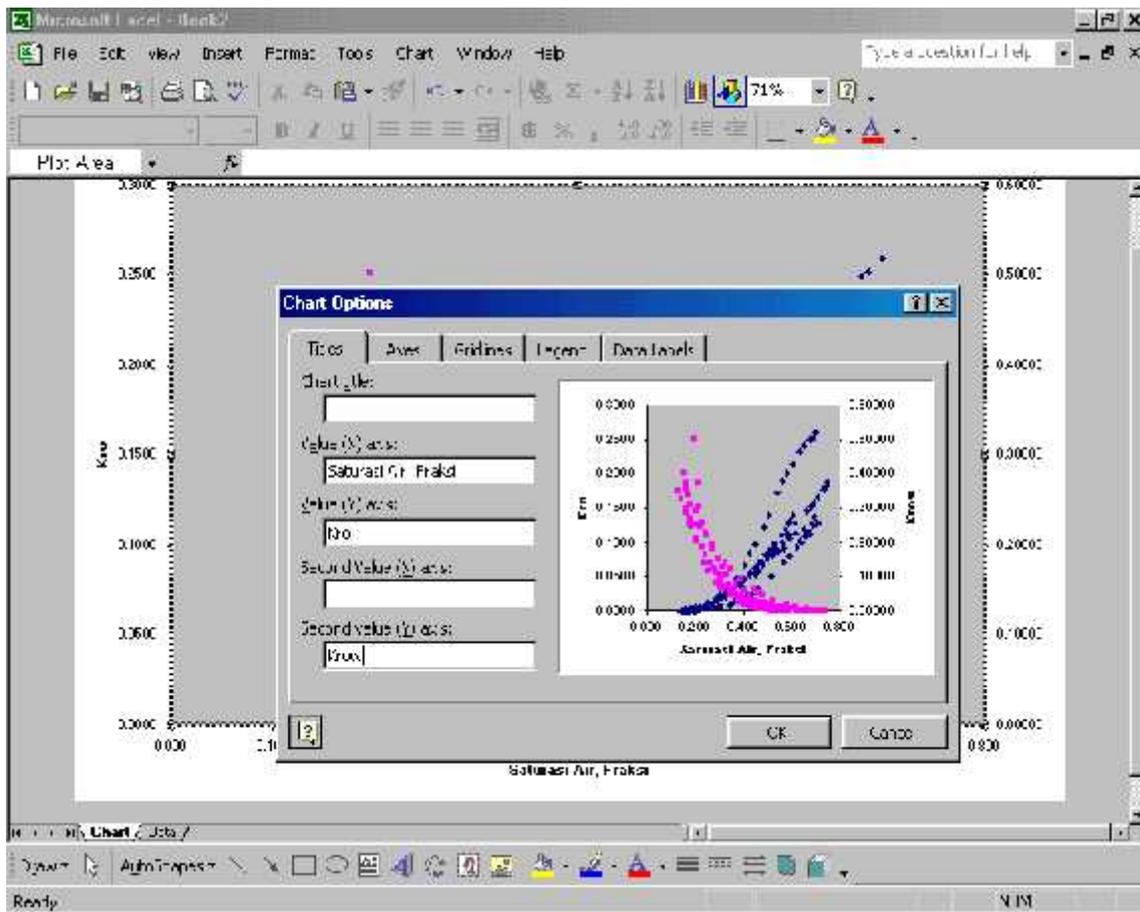
S_w	K_{rw}	K_{row}
0.153	-	0.40340
0.165	0.00046	0.35200
0.180	0.00073	0.31000
0.201	0.00120	0.25090
0.234	0.00230	0.18500
0.260	0.00350	0.14200
0.280	0.00460	0.11800
0.305	0.00640	0.09000
0.342	0.00980	0.06200
0.363	0.01220	0.05000
0.385	0.01560	0.03900
0.410	0.01990	0.02980
0.432	0.02450	0.02300
0.462	0.03180	0.01610
0.514	0.05000	0.00760
0.569	0.07000	0.00360
0.594	0.07980	0.00230
0.624	0.09200	0.00120
0.641	0.10010	0.00075
0.657	0.11000	0.00040
0.667	0.11580	0.00026
0.680	0.12700	0.00010
0.692	0.13700	

Hitung Permeabilitas Relatif

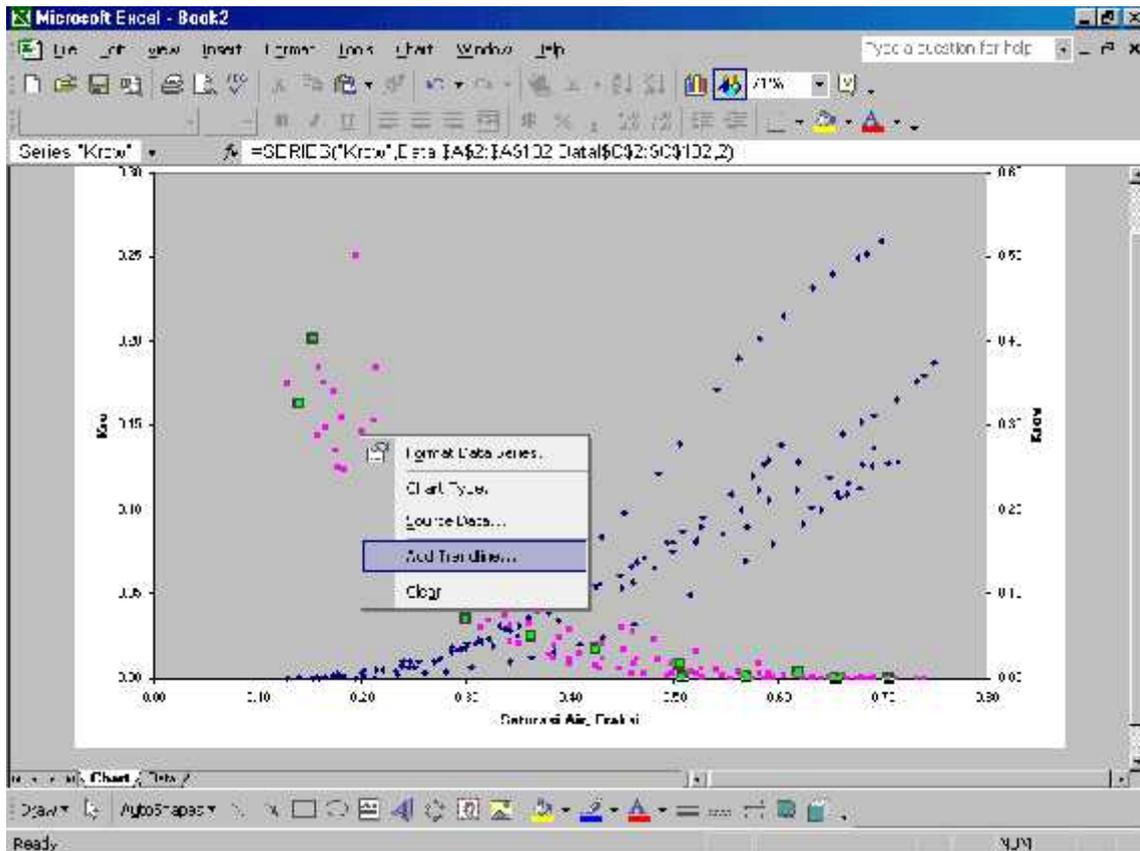
Penyelesaian

1. Salin data pada worksheet baru.
2. Buat plot antara Sw vs K_{rw} dan Sw vs K_{row} .
3. Dengan menggunakan cara yang sama untuk pembuatan grafik.
 - a. Sorot tabel yang akan diplot. Kemudian plotkan dengan menggunakan **Chart...** pada Tab **Insert**.
 - b. Pilih XY (Scatter). Kemudian klik **Next**.
 - c. Lanjutkan sampai pada bagian **Chart Options**. Hilangkan tanda "O" pada **Show Legend**.
 - d. Klik **Next** untuk menempatkan grafik dan kemudian klik **Finish**.
4. Mengatur Grafik.
 - a. Klik ganda pada Point Series K_{row} , pilih Tab **Axis** dan pilih tanda **Secondary Axis**. Klik **OK**.
 - b. Klik kanan pada Area grafik dan pilih **Chart Options...**,
 - c. Pada Second value (Y) axis : ketikkan K_{row} .
 - d. Klik ganda pada Value (X) axis. Pada Tab **Number** pilih **Number**.
 - e. Lakukan hal yang sama untuk Primary dan Secondary (Y) value.

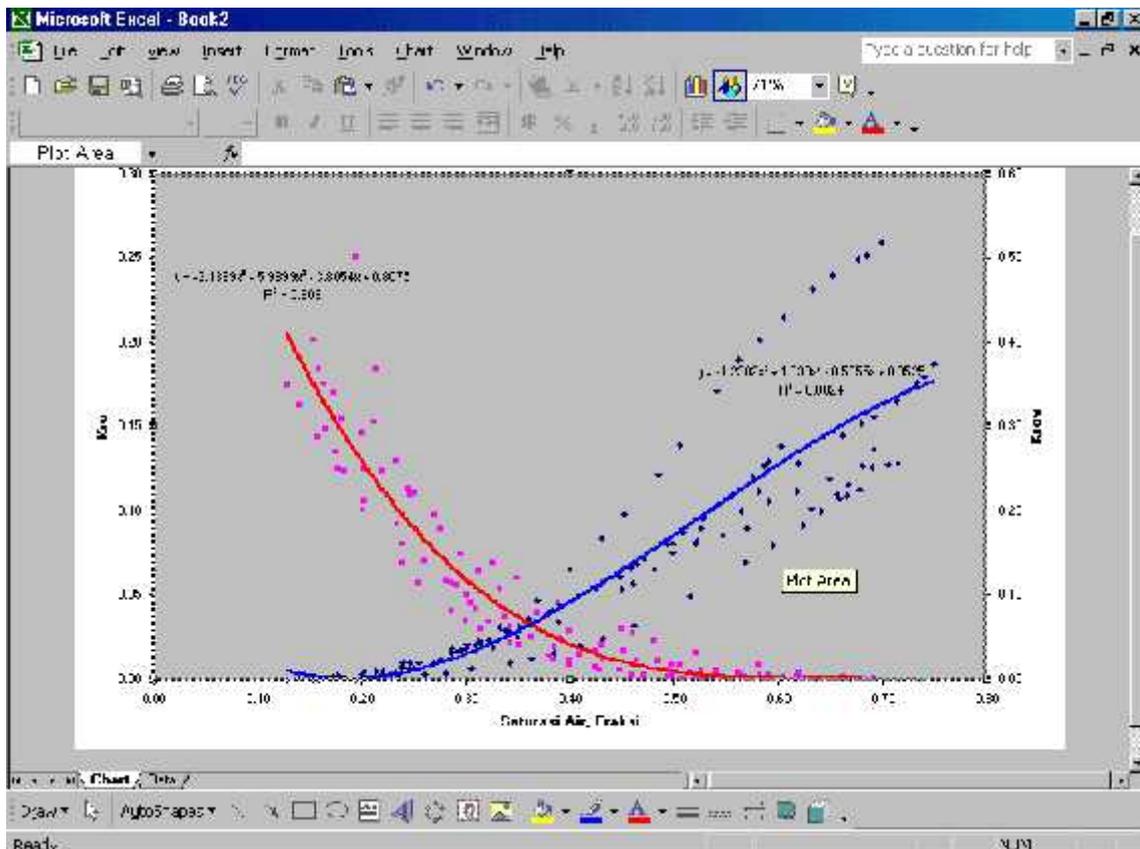




- f. Klik kanan pada Point Series Krow, pilih **Add Trendline**.... Pada tab Type pilih Polynomial dan pada Tab Options tandai **Display equation on chart** dan **Display R-squared value on chart**.



- g. Hasil grafik yang didapatkan adalah sebagai berikut :



BAB V INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP (IPR)

Dasar Teori

Inflow Performance Relationship (IPR) adalah suatu studi tentang performance aliran fluida dari reservoir menuju lubang bor (sumur), dimana performance (ulah) ini akan tergantung kepada PI secara grafis.

Jika PI suatu sumur dianggap konstan, tidak tergantung pada laju produksi, maka :

$$P_{wf} = P_s - \frac{q}{PI}$$

Pada persamaan diatas terlihat bahwa P_{wf} dan laju produksi mempunyai hubungan yang linier, yang disebut Inflow Performance Relationship, yang menggambarkan reaksi-reaksi reservoir bila ada perbedaan tekanan didalamnya.

Bila $q = 0$, maka $P_{wf} = P_s$, dan bila $q = PI \times P_s$, maka $P_{wf} = 0$. Sudut θ yang dibuat oleh garis tersebut terhadap sumbu tekanan sedemikian rupa, sehingga :

$$\tan \theta = \frac{OB}{OA} = \frac{PI \times P_s}{P_s} = PI$$

Jadi sebenarnya PI merupakan koefisien arah dari kurva IPR, Harga q pada titik B, yaitu $PI \times P_s$ disebut sebagai potensial sumur, yaitu suatu laju produksi maksimum yang dapat diberikan oleh reservoir, dan akan terjadi bila harga P_{wf} sama dengan nol. PI tidak tergantung pada laju produksi yang merupakan hasil dari kemungkinan produksi sepanjang garis AB. Hasil ini berhubungan dengan persamaan aliran radial.

Tetapi kurva IPR disini tidak selalu linier tetapi ini tergantung pada jumlah fluida yang mengalir. Untuk fluida dua fasa kurva yang terbentuk akan lengkung (tidak linier), dan harga PI tidak lagi merupakan harga yang konstan karena kemiringan garis IPR akan berubah secara kontinyu untuk setiap harga P_{wf} .

Penentuan IPR untuk Satu Fasa

Penentuan IPR untuk aliran fluida satu fasa ditentukan berdasarkan data-data sebagai berikut :

A. Berdasarkan data hasil uji tekanan dan produksi

1. Siapkan data hasil uji tekanan dan produksi, yaitu P_s , P_{wf} dan q_0 .

2. Hitung PI dengan menggunakan persamaan $PI = J = \frac{q}{(P_s - P_{wf})}$

3. Pilih tekanan aliran dasar sumur (P_{wf})

4. Hitung laju aliran minyak (q_0) dan P_{wf} tersebut dengan menggunakan persamaan :

$$q_0 = PI (P_s - P_{wf})$$

5. Kembali ke langkah 3 dengan harga Pwf yang berbeda
6. Plot q terhadap Pwf yang diperoleh dari langkah 3 dan 4 pada kertas grafis kartesian, dengan q_o sebagai sumbu datar dan Pwf sebagai sumbu tegak.

B. Berdasarkan parameter batuan dan fluida reservoir

1. Siapkan data-data yang diperlukan sebagai berikut :
 - a. Parameter batuan reservoir, yaitu K_o, H dan r_e
 - b. Parameter fluida reservoir, yaitu B_o dan μ_o
 - c. Parameter sumur, yaitu r_w
 - d. Tekanan statik dan faktor skin dari uji tekanan yaitu P_s dan s
2. Hitung PI dengan persamaan :

$$PI = \frac{0.007082}{\mu_o B_o (\ln 0,472 r_e/r_w)}$$

3. Pilih tekanan dasar sumur (Pwf)
4. Hitung laju alir (q_o) pada Pwf tersebut dengan menggunakan persamaan q_o = PI (P_s - Pwf).
5. Ulangi langkah 3 dengan harga Pwf yang berbeda
6. Plot q_o Vs Pwf yang diperoleh dari langkah 3 dan 4 pada kertas grafik kartesian, dengan q_o sebagai sumbu datar dan Pwf sebagai sumbu tegak

Penentuan IPR untuk Dua Fasa

Penentuan kurva IPR untuk aliran dua fasa pada faktor skin = 0 berdasarkan P_s, Pwf dan P_b adalah sebagai berikut :

A. Jika tekanan statik lebih kecil dari tekanan jenuh (P_b)

1. Siapkan data hasil uji tekanan dan produksi yaitu P_s, Pwf dan q_o
2. Hitung Pwf/P_s
3. Tentukan laju produksi maksimum (q_o maks) berdasarkan data dari langkah 1, dengan persamaan:

$$q_{\max} = \frac{q_o}{1 - 0,2 (P_{wf}/P_s) - 0,8 (P_{wf}/P_s)^2}$$

4. Pilih tekanan alir dasar sumur (Pwf) dan hitung Pwf/P_s
5. Hitung q_o pada Pwf tersebut dengan menggunakan $q_o = q_{\max} [1 - 0,2 (P_{wf}/P_s) - 0,8 (P_{wf}/P_s)^2]$
6. Ulangi langkah 4 untuk harga Pwf yang berbeda.

7. Plot q_0 terhadap P_{wf} yang diperoleh dari langkah 4 sampai dengan 6 pada kertas grafik kartesian dengan q_0 pada sumbu datar dan P_{wf} pada sumbu tegak
 8. Pilih laju aliran (q_0) dan hitung q_0/q_{max}
 9. Hitung p_{wf} dengan menggunakan persamaan $P_{wf} = 0,125 P_s [-1 + 81 (q_0/Q_{max})]$
 10. Ulangi langkah 4 untuk harga q_0 yang berbeda
- B. Jika tekanan statik lebih besar dari tekanan jeuh (P_b) dan tekan aliran dasar sumur dari uji produksi lebih besar dari tekanan jenuh atau ($P_s > P_b$) dan ($P_{wf} > P_b$).
1. Dari uji tekanan dan produksi diperoleh data-data : P_{wf} , P_s dan q_0 pada P_{wf} . Dalam ini P_{wf} dan P_b harus diketahui.
 2. Hitung Index Produktivity untuk sumur $P_{wf} > P_b$ (kondisi aliran satu fasa) dengan persamaan (2.35)
 3. Dengan menggunakan harga P_i tersebut, hitung q dengan $q_b = PI (P_s - P_b)$
 4. Hitung q_{max} dengan persamaan $q_{max} = q_b + \frac{PI \times P_b}{1,8}$
 5. Pilih $P_{wf} < P_b$ dan hitung P_{wf}/P_b
 6. Hitung laju produksi pada P_{wf} tersebut dengan menggunakan persamaan :

$$q_0 = q_b + (q_{max} - q_b) [1 - 0,2 (P_{wf}/P_s) - 0,8 (P_{wf}/P_s)^2]$$
 7. Ulangi langkah 5 untuk harga p_{wf} yang berbeda
 8. Plot P_{wf} terhadap q_0 yang diperoleh dari langkah 5 sampai dengan langkah 7 pada kertas grafik kartesian dengan meletakkan q_0 pada sumbu mendatar dan P_{wf} pada sumbu vertikal
- C. Jika tekanan statik lebih besar daripada tekanan jenuh ($P_s > P_b$) dan tekanan aliran dasar sumur dari uji produksi lebih kecil dari tekanan jenuh ($P_{wf} < P_b$).
1. Dari uji tekanan dan produksi diperoleh data-data P_{wf} , P_s dan q_0 pada P_{wf} . Dalam hal ini $P_{wf} < P_b$
 2. Hitung P_{wf}/P_b dan tentukan harga A , yaitu $A = 1 - 0,2 (P_{wf}/P_b) - 0,8 (P_{wf}/P_b)^2$
 3. Hitung harga PI untuk kurva IPR di atas tekanan jenuh yaitu $PI = \frac{q_0}{P_s - P_b + (P_b/1,8)A}$
 4. Tentukan laju produksi pada $p_{wf} = P_b$, yaitu $q = PI (P_s - P_b)$
 5. Hitung q_{maks} dari persamaan $q_{maks} = q_b + \frac{PI \times P_b}{1,80}$
 6. Pilih P_{wf} yang lebih kecil dari tekanan jenuh, kemudian hitung P_{wf}/P_b
 7. Hitung laju produksi pada P_{wf} tersebut dengan menggunakan persamaan

$$q_0 = q_b + (q_{maks} - q_b) [1 - 0,2 (P_{wf}/P_s) - 0,8 (P_{wf}/P_s)^2]$$

8. Ulangi lagi untuk langkah 6 dengan harga Pwf yang berbeda
 9. Plot Pwf vs q_o yang diperoleh dari langkah 6 sampai langkah 8 pada kertas grafik kartesian dengan q_o pada sumbu mendatar dan Pwf pada sumbu vertikal
- D. Penentuan kurva IPR dua fasa untuk tekanan statik di bawah tekanan jenuh (P_s < P_b) dan faktor skin tidak sama dengan nol adalah :
1. Dari uji tekanan tentukan P_s dan s
 2. Dari uji produksi tentukan harga Pwf dan q_o pada Pwf
 3. Hitung konstanta persamaan kurva IPR, yaitu a₁, a₂, a₃, a₄ dan a₅ masing-masing dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$a_1 = 0,183 e^{-0,364 s} + 1,646 e^{-0,0556 s}$$

$$a_2 = -1,476 e^{-0,456 s} + 1,646 e^{-0,442 s}$$

$$a_3 = -2,149 e^{-0,196 s} + 1,646 e^{-0,220 s}$$

$$a_4 = 0,022 e^{-0,088 s} - 0,260 e^{-0,211 s}$$

$$a_5 = -0,552 e^{-0,032 s} - 0,583 e^{-0,307 s}$$
 4. Hitung harga Pwf/P_s berdasarkan data uji tekanan dan produksi
 5. Hitung harga ruas kanan dari persamaan kurva IPR :

$$A = \frac{a_1 + a_3 (Pwf/P_s) + a_5 (Pwf/P_s)^2}{1 + a_2 (Pwf/P_s) + a_4 (Pwf/P_s)^2}$$
 6. Hitung laju produksi maksimum (q maks) apabila s = 0 yaitu q max = q_o/A
dimana : q_o adalah laju aliran dari uji produksi
 7. Pilih harga Pwf dan Pwf/P_s, kemudian hitung harga A seperti langkah 5
 8. Hitung laju produksi (q_o) pada Pwf tersebut, yaitu :

$$q_o = q \text{ maks pada } s = 0$$

$$= q \text{ maks } A$$
 9. Ulangi langkah 7 dengan harga Pwf yang berbeda
 10. Plot Pwf terhadap q_o yang diperoleh dari perhitungan pada kertas grafik kartesian dengan q_o pada sumbu mendatar dan pwf pada sumbu vertikal

Contoh 4

IPR Satu Fasa

Diketahui Data :

$P_s = 2000$ psi

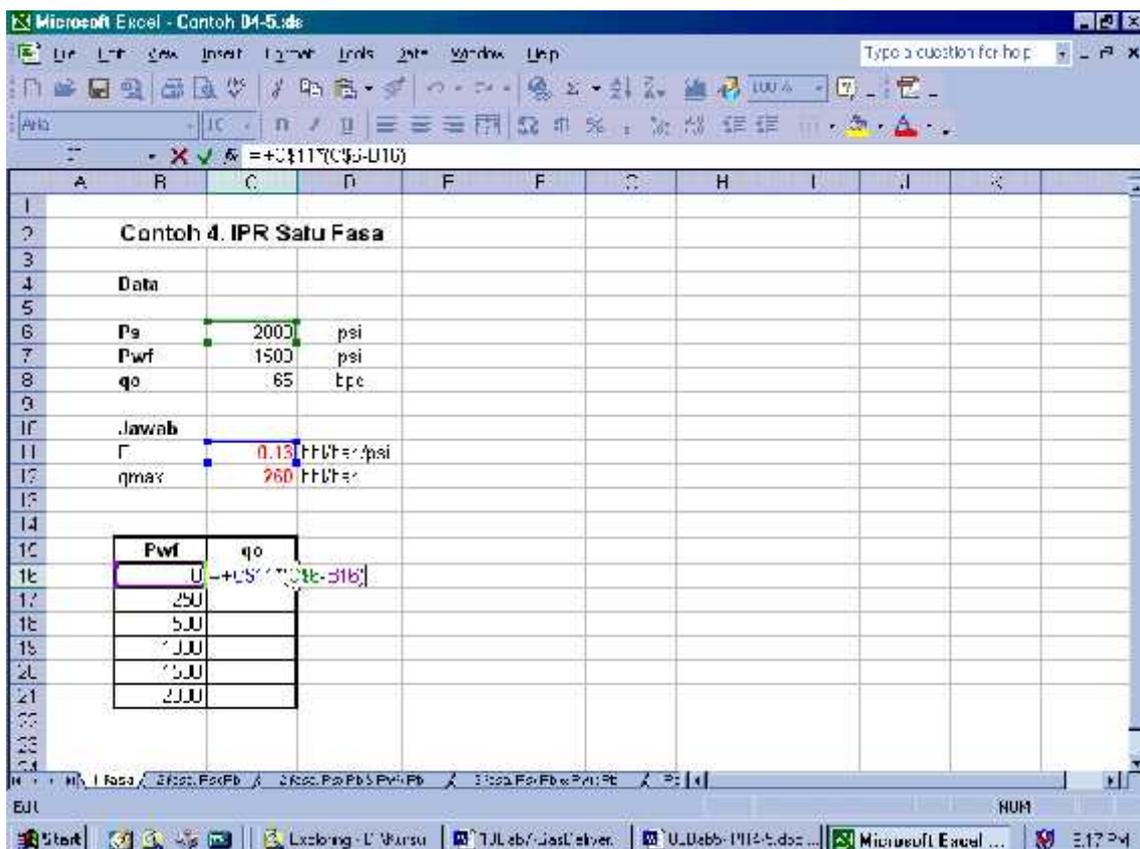
$P_{wf} = 1500$ psi

$q_o = 65$ bpd

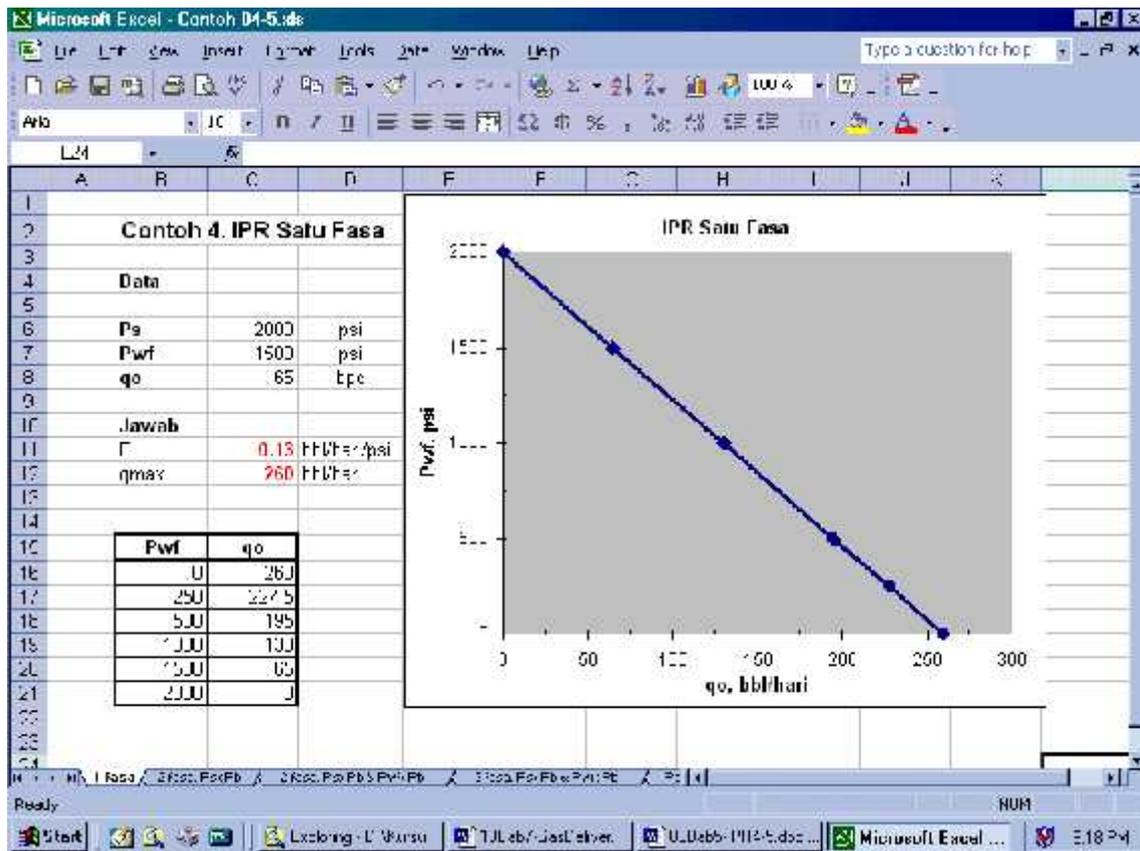
Hitung IPR satu fasa

Penyelesaian

1. Salin Data tersebut pada Sheet baru.
2. Hitung Productivity Index (PI) dan q_{max} , dengan persamaan : $PI = \frac{q_o}{P_s - P_{wf}}$
3. $q_{max} = PI \times P_s$
4. Asumsikan beberapa harga P_{wf} , Kemudian hitung q_o dengan persamaan :
 $q_o = PI \times (P_s - P_{wf} \text{ asumsi})$



2. Plotkan P_{wf} vs q_o untuk mendapatkan kurva IPR satu fasa.



Contoh 5

IPR Dua Fasa, $P_s < P_b$

Diketahui data :

$P_s = 2000$ psi

$P_{wf} = 1500$ psi

$P_b = 2100$ psi

$q_o = 65$ bpd

Hitung IPR dua fasa, dengan $P_s < P_b$

Penyelesaian

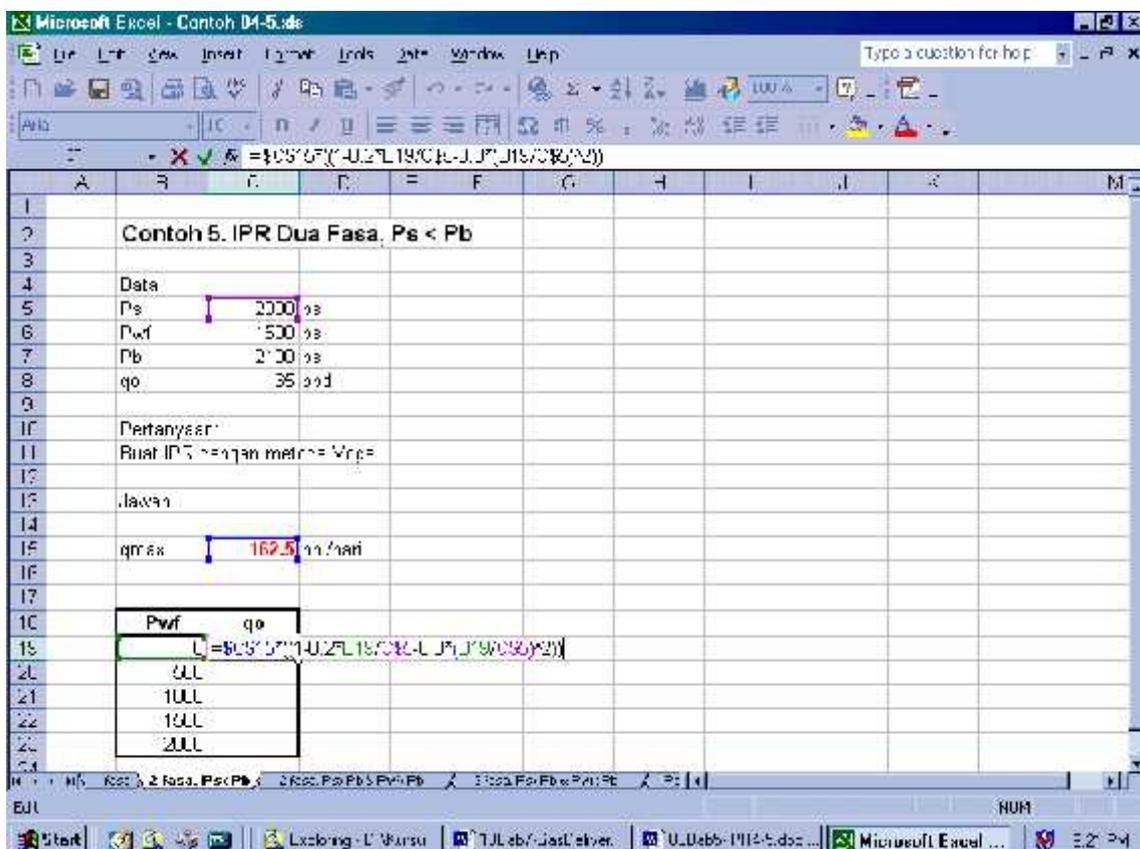
1. Plot data dan hitung q_{max} dengan persamaan :

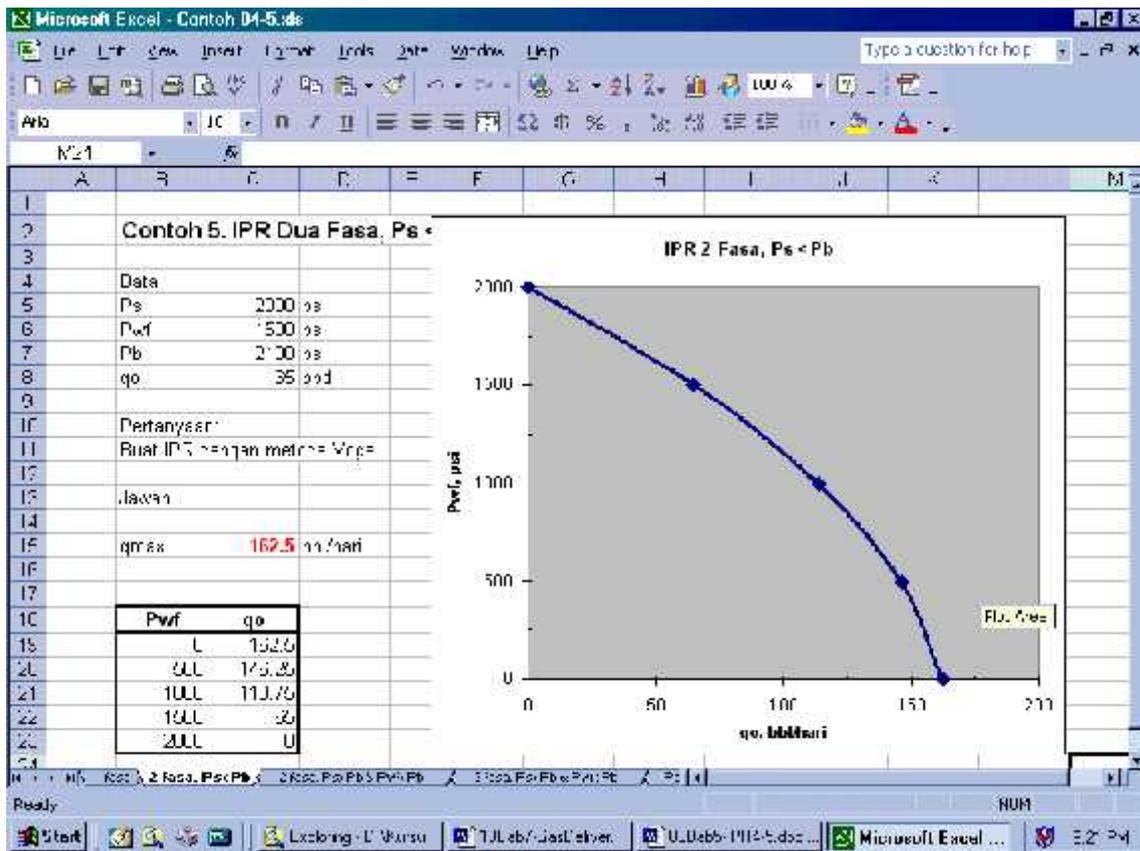
$$q_{max} = \frac{q_o}{1 - 0.2\left(\frac{P_{wf}}{P_s}\right) - 0.8\left(\frac{P_{wf}}{P_s}\right)^2}$$

2. Asumsikan berbagai harga P_{wf} , kemudian hitung harga q_o dengan persamaan :

$$q_o = q_{max} \left(1 - 0.2\left(\frac{P_{wf}}{P_s}\right) - 0.8\left(\frac{P_{wf}}{P_s}\right)^2 \right)$$

4. Plot P_{wf} vs q_o ,





Contoh 6

Kurva IPR Dua Fasa $P_s > P_b$ & $P_{wf} > P_b$

a. $P_{wf} \text{ tes} > P_b$

Diketahui Data :

$$P_s = 2350 \text{ psi}$$

$$P_{wf} = 1900 \text{ psi}$$

$$q_o = 600 \text{ bbl/hari}$$

$$P_b = 1700 \text{ psi}$$

Hitung IPR dua fasa dengan $P_{wf} \text{ tes} > P_b$

b. $P_{wf} \text{ tes} < P_b$

Diketahui Data :

$$P_s = 1750 \text{ psi}$$

$$P_{wf} = 900 \text{ psi}$$

$$q_o = 600 \text{ bbl/hari}$$

$$P_b = 1200 \text{ psi}$$

Hitung IPR dua fasa dengan $P_{wf} \text{ tes} < P_b$

Penyelesaian

a. $P_{wf} \text{ tes} > P_b$

1. Plot Data pada worksheet baru.
2. Hitung Hitung Productivity Index (PI) dan q_{\max} , dengan persamaan :

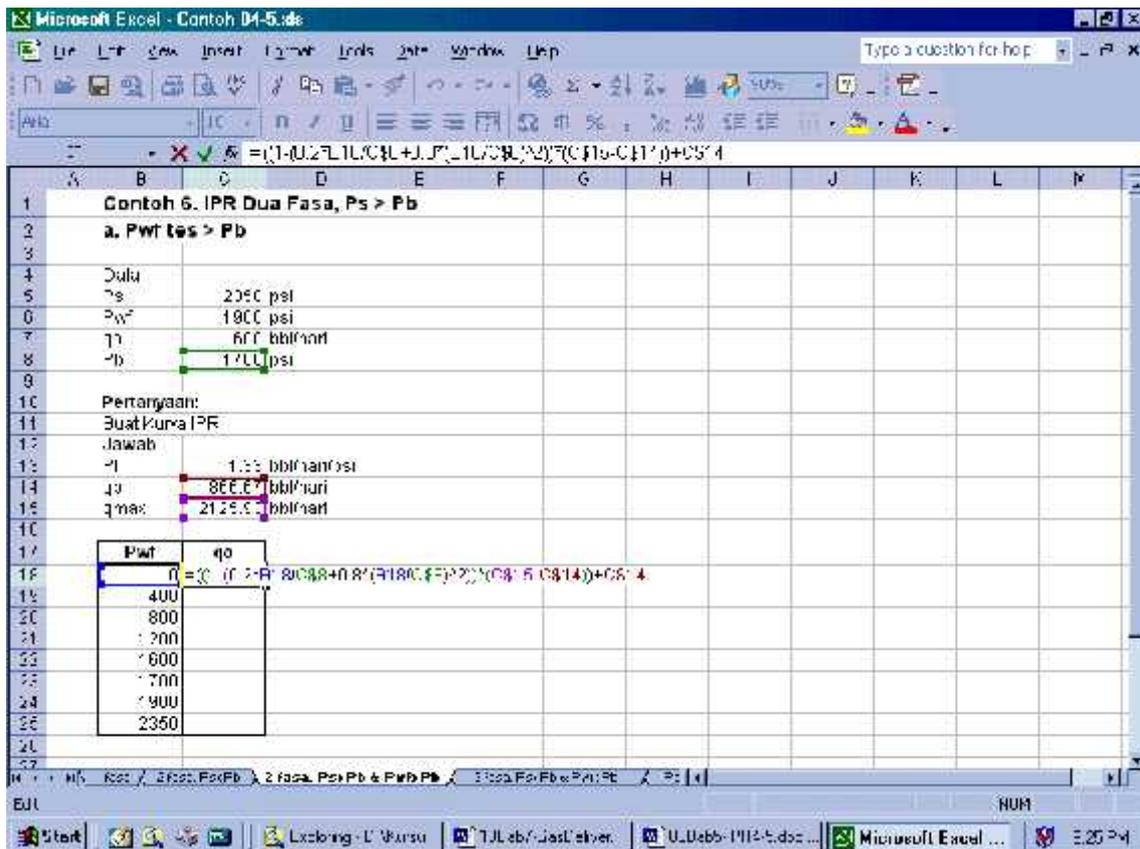
$$PI = \frac{q_o}{P_s - P_{wf}}$$

$$q_b = PI \times (P_s - P_b)$$

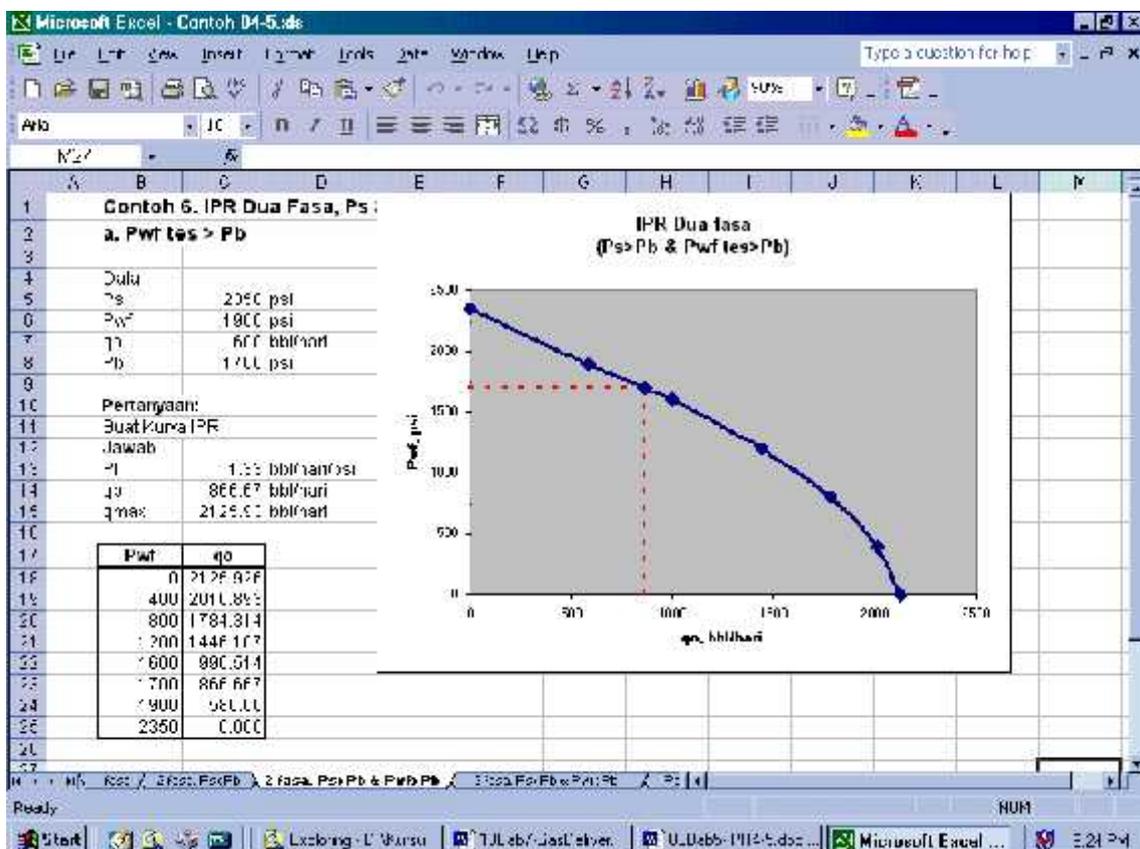
$$q_{\max} = q_b + \left(\frac{q_o P_b}{1.8(P_s - P_{wf})} \right)$$

3. Asumsikan beberapa harga P_{wf} , Kemudian hitung q_o dengan persamaan :

$$q_o = q_b + \left((q_{\max} - q_b) \left(1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right) \right)$$



4. Plotkan P_{wf} VS q_o ,



b. $P_{wf} \text{ tes} < P_b$

1. Plot Data pada worksheet baru
2. Hitung Hitung Productivity Index (PI) dan q_{max} , dengan persamaan :

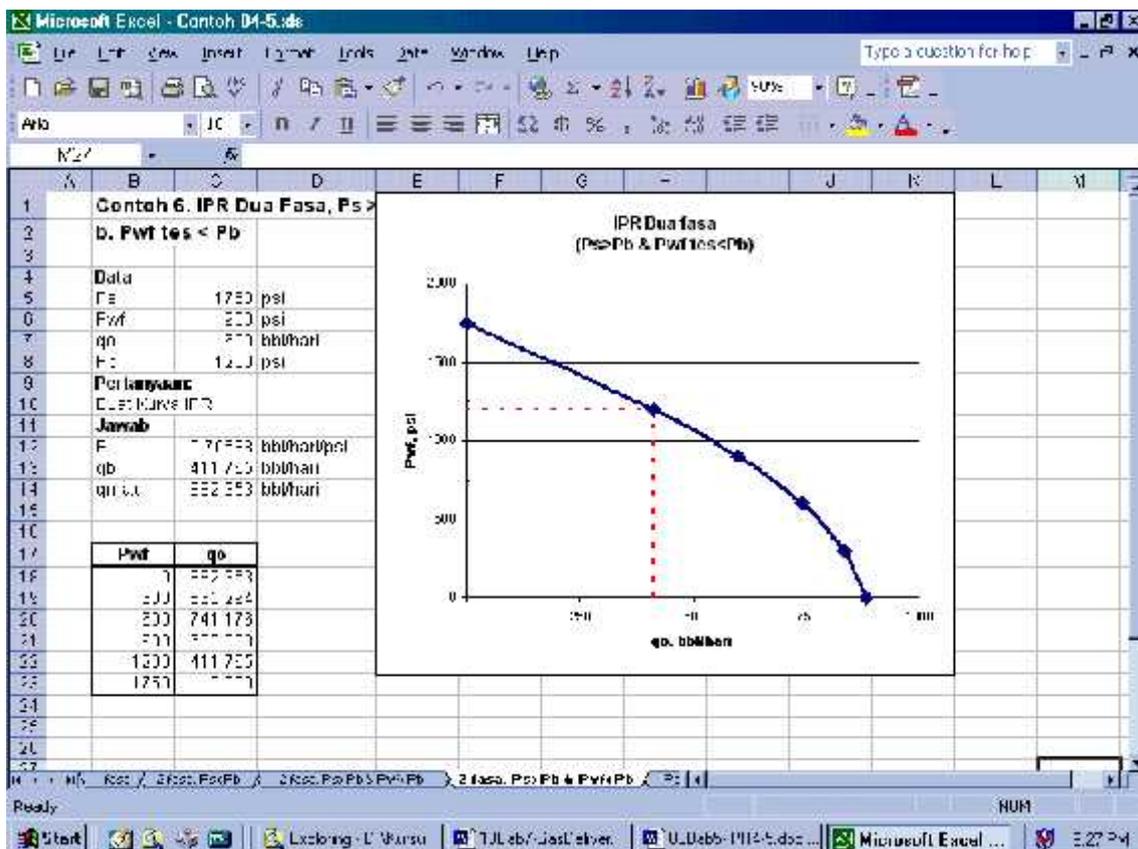
$$PI = \frac{q_o}{P_s - P_{wf}}$$

$$q_b = q_o \left(1 - \left(\frac{P_b}{1.8(P_s - P_{wf})} \right) \left(1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right) \right)$$

$$q_{max} = q_b + \left(\frac{q_o P_b}{1.8(P_s - P_{wf})} \right)$$

5. Asumsikan beberapa harga P_{wf} , Kemudian hitung q_o dengan persamaan :

$$q_o = q_b + \left(q_{max} - q_b \right) \left(1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right)$$



Contoh 7

Peramalan Kurva IPR Yang Akan Datang

Diketahui Data :

	Sekarang	YAD
Ps, psi	2000	1750
Pwf, psi	1400	
qo, bbl/hari	400	
Vis. Oil, cp	3.05	3.4
Bo, bbl/stb	1.15	1.127
So rata2, fraksi	0.754	0.723

$$S_{wi} = 0.2$$

$$S_{or} = 0.15$$

Buatlah Grafik Peramalan IPR yang akan datang.

Penyelesaian

1. Plot Data pada worksheet baru.
2. Hitung PI, $(PI^*)_p$, $(K_{ro})_p$, $(K_{ro})_f$, dan $(PI^*)_f$ dengan persamaan :

$$PI = \frac{q_o}{P_s - P_{wf}}$$

$$(PI^*)_p = \frac{PI}{\frac{1}{1.8} \left(1 + 0.8 \frac{P_{wf}}{P_s} \right)}$$

$$(K_{ro})_p = \left(\frac{S_o - S_{or}}{1 - S_{or} - S_{wi}} \right)^4$$

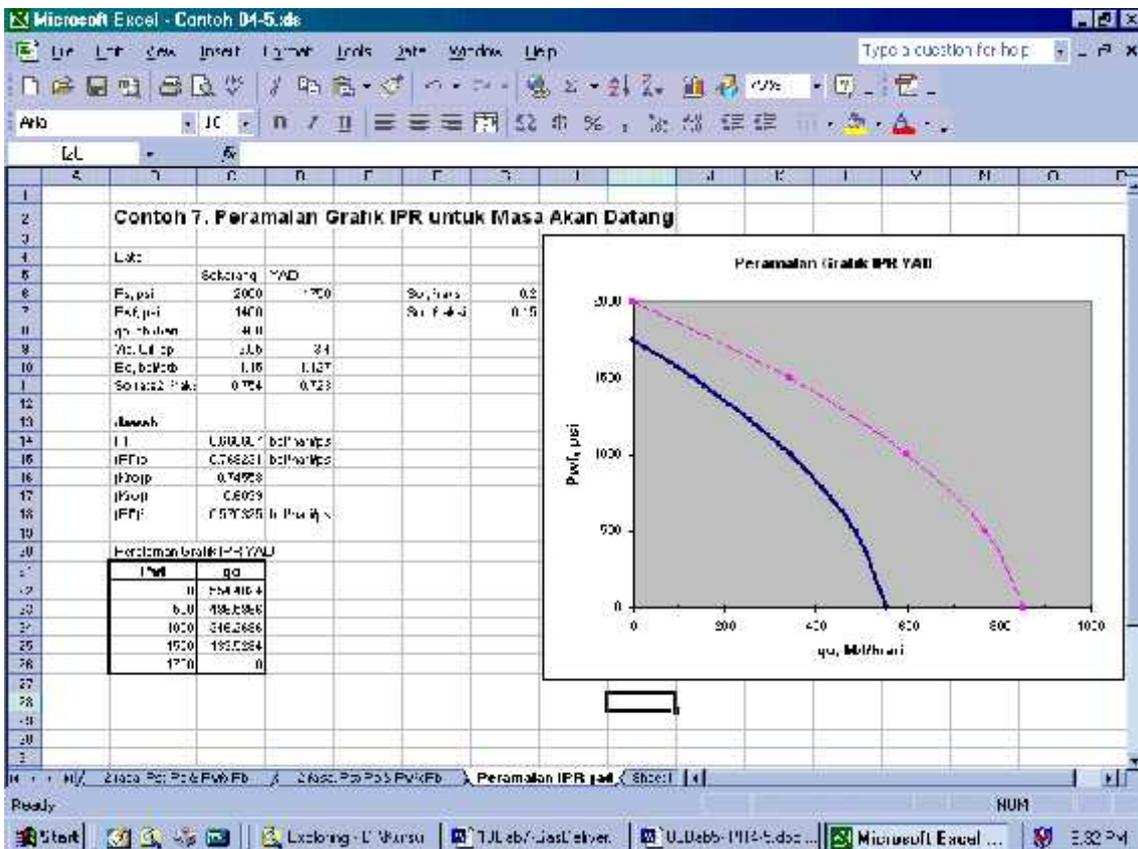
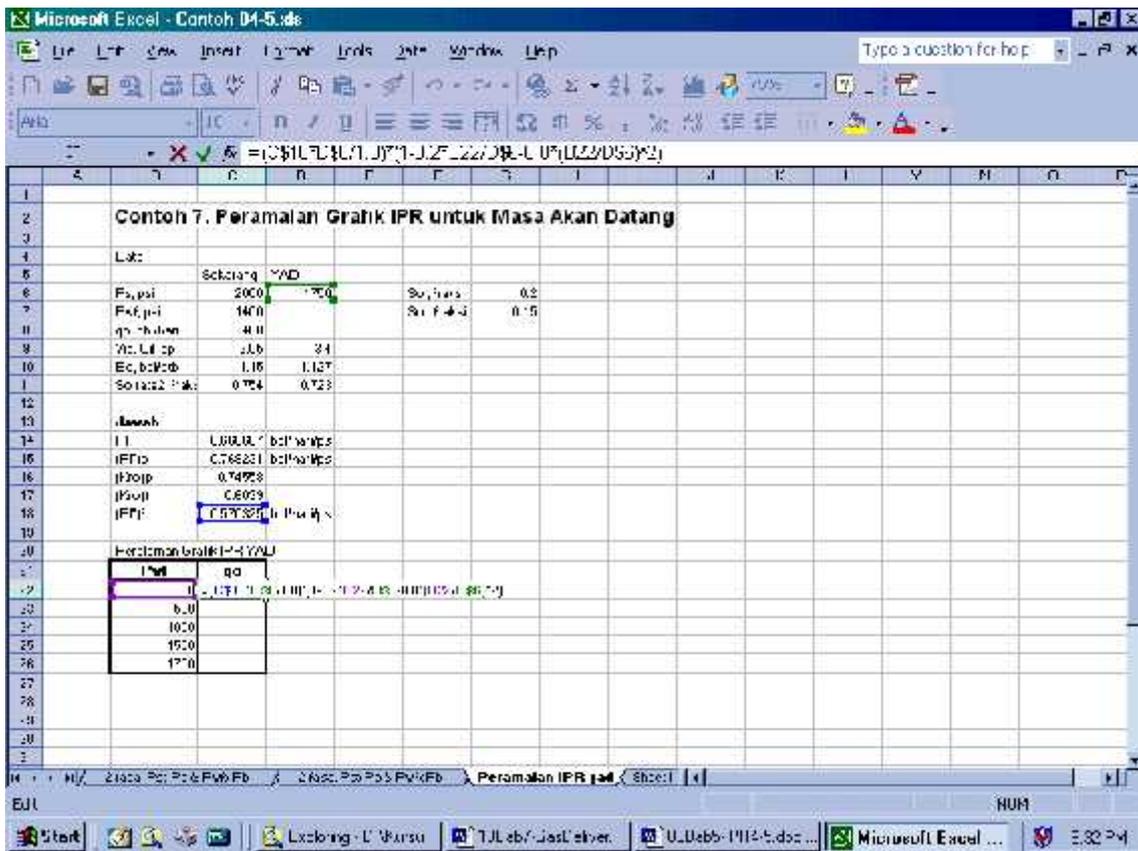
$$(K_{ro})_f = \left(\frac{S_{of} - S_{or}}{1 - S_{or} - S_{wi}} \right)^4$$

$$(PI^*)_f = (PI^*)_p \left(\frac{(K_{ro})_f / (\mu_o)_f / (B_o)_f}{(K_{ro})_p / (\mu_o)_p / (B_o)_p} \right)$$

3. Asumsikan berbagai harga P_{wf} , kemudian hitung q_o dengan persamaan :

$$q_o = \frac{(PI^*)_f (P_s)_f}{1.8} \left(1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{(P_s)_f} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{(P_s)_f} \right)^2 \right)$$

4. Plotkan P_{wf} vs q_o .



BAB VI DRILL STEM TEST (DST)

I. Diketahui Data :

- Data Tekanan :

waktu penutupan, dt	Tekanan Pws, Psi
2	2290
4	2514
8	2584
12	2612
16	2632
20	2643
24	2650
30	2658

- Data Produksi :

$$P_{wf} = 2600 \quad \text{psi}$$

$$q_o = 280 \quad \text{bbl/hari}$$

$$N_p = 2682 \quad \text{stb}$$

- Data reservoir :

$$B_o = 1.31 \quad \text{bbl/stb}$$

$$h = 40 \quad \text{ft}$$

$$\mu = 2 \quad \text{cp}$$

$$\phi = 0.1 \quad \text{fraksi}$$

$$r_e = 660 \quad \text{ft}$$

$$r_w = 0.333 \quad \text{ft}$$

$$c_o = 1.50E-05 \quad \text{psi-l}$$

2. Pertanyaan :

tp, jam

Slope, psi/cycle

ko, md

PIjam, psi

Skin

P*, psi

- Data Test

dt, menit	P, psi
0	2454.19
0.5	2500.26
1	2549.40
2	2623.12
3	2667.65
5	2702.97
8	2735.22
12	2742.90
16	2745.97
20	2749.04
25	2750.58
30	2752.11
40	2753.65
50	2755.18
60	2755.95
75	2756.72
90	2757.49
105	2758.25
120	2759.02
135	2759.33
150	2759.79
170	2760.10
190	2760.56
210	2761.02
240	2761.33
270	2761.63
300	2761.79
330	2762.09
360	2762.55
390	2762.86
420	2763.17
480	2763.63
540	2764.09
600	2764.40
660	2764.70
720	2765.16
780	2765.62
840	2765.93
900	2766.09
960	2766.24
1020	2766.39
1080	2766.55
1140	2766.70
1200	2766.85
1260	2767.01
1320	2767.16
1380	2767.31
1440	2767.47

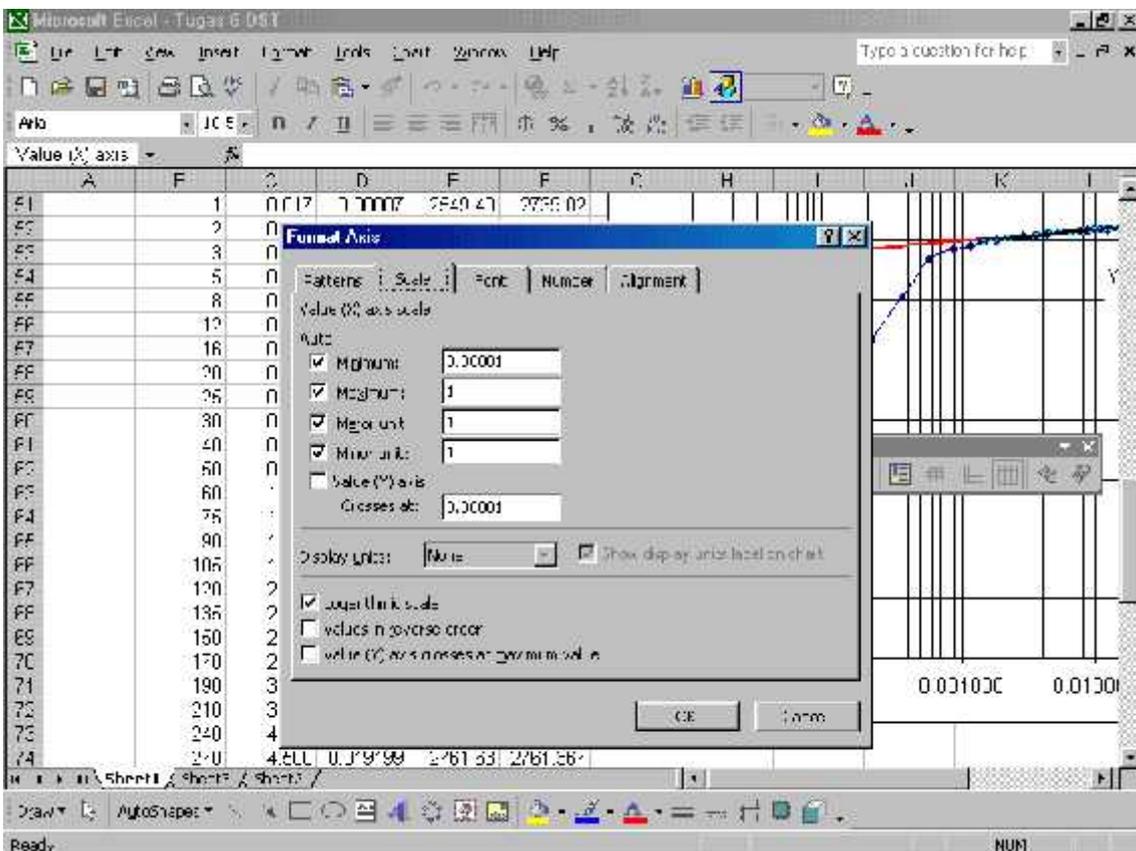
1500	2767.47
1560	2767.47

3. Penyelesaian :

- Hitung t_p dengan persamaan : $\left(\frac{N_p}{Q_o} \right) \times 24$.
- Tentukan dt (dari Tabel Data Test) dalam jam dan hitung $\frac{dt}{(t_p + dt)}$.
- Plot kan antara $\frac{dt}{(t_p + dt)}$ dengan P.

Gunakan grafik dengan tipe **Logarithmic** untuk X axis, dengan cara sebagai berikut :

- Klik kanan pada **Value (X) axis**. Pilih **Format Axis ...**,
- Pilih Tab **Scale**, kemudian klik pada **Logarithmic scale**.



- Tentukan titik terendah dimana kurva mulai membentuk garis lurus. Misalkan kurva mulai lurus pada titik $P = 20$ menit, maka plotkan kembali $\frac{dt}{(t_p + dt)}$ dengan P (pada grafik yang sama), dimulai dari P_{20} menit sampai P_{1560} menit. Kemudian berikan **Trendline** pada kurva yang didapat.
- Hitung **Slope** untuk satu cycle, dengan menggunakan persamaan yang didapat dari **Trendline** kurva. Misal : Slope untuk satu cycle antara 0.01 dan 0.1 hitung dengan persamaan: $(4.0055 * \ln(0.1) + 2777.2) - (4.0055 * \ln(0.01) + 2777.2)$

f. Hitung K_o dengan persamaan : $K_o = \frac{162.5 \times q_o \mu_o B_o}{\text{Slope} \times h}$

g. Tentukan P_{Ijam} ,

h. Hitung Skin, dengan persamaan :

$$S = 1.151 \times \left(\left(\frac{P_{Ijam} - P_{wf}}{\text{Slope}} \right) - \text{LOG} \left(\frac{K_o}{\Phi \times \mu \times C_o \times r_w^2} \right) + 3.23 \right)$$

i. Hitung kembali P dengan persamaan yang didapat dari **Trendline** kurva. Kemudian diplotkan kembali sehingga didapatkan kurva berupa garis lurus, yang apabila dipotongkan dengan **sumbu Y** akan menunjukkan harga P_s dan P^* (pada $(\frac{dt}{dt+tp}) = 1$).

j. Hitung P^* yaitu pada saat $\frac{dt}{(tp + dt)} = 1$, dengan menggunakan persamaan **Trendline** kurva.

BAB VI DRILL STEM TEST (DST)

Dasar Teori

Penentuan tekanan reservoir yang sebenarnya pada sumur yang sudah berproduksi jarang dilakukan, untuk mencapai keseimbangan agar diperoleh tekanan reservoir yang sebenarnya seluruh sumur dari lapangan itu harus ditutup untuk jangka waktu tertentu. Hal ini sama sekali tidak menguntungkan dalam hal proses produksi. Untuk itu yang biasanya dilakukan adalah dengan menentukan tekanan dasar salah satu sumur (P_{ws}).

Tekanan dasar sumur biasanya diukur dalam interval waktu tertentu, kemudian tekanan yang diperoleh dari hasil pengukuran diplot dan diinterpolasi untuk mendapatkan tekanan statik sumur tersebut.

Dasar analisa ini dikemukakan oleh Horner, yang pada prinsipnya adalah memplot tekanan terhadap suatu fungsi waktu.

Berdasarkan prinsip tersebut, maka sumur–sumur diproduksi dengan laju alir tetap selama waktu 'tp', kemudian sumur ditutup selama waktu 'Δt', sehingga didapat bentuk umum persamaannya adalah :

$$P_{ws} = P_i - 162.6 \frac{q \times \mu \times B}{k \times h} \log \left(\frac{tp + \Delta t}{\Delta t} \right)$$

dimana :

- P_{ws} = tekanan dasar sumur, psi
- P_i = tekanan mula–mula reservoir, psi
- q = laju produksi sebelum sumur ditutup, bbl / d
- μ = viscositas minyak, cp
- B = factor volume formasi, bbl/STB
- k = permeabilitas, mD
- h = ketebalan formasi, ft
- tp = waktu produksi sebelum sumur ditutup, jam = $(N_p / q) \times 24$
- Δt = waktu penutupan sumur, jam

Terlihat bahwa apabila P_{ws} diplot terhadap $\log [(tp + \Delta t) / \Delta t]$ akan merupakan garis lurus dengan kemiringan (slope, m) :

$$m = 162.6 \frac{q \times \mu \times B}{k \times h}$$

Berdasarkan konsep tersebut, maka harga permeabilitas dapat ditentukan dari slope 'm', sedangkan apabila garis tersebut diekstrapolasi ke harga 'Horner Time' $[(tp + \Delta t) / \Delta t] = 1$, maka secara teoritis harga P_{ws} sama dengan tekanan awal reservoir .

Contoh 8

Diketahui Data :

- **Data Tekanan :**

waktu penutupan, dt	Tekanan Pws, Psi
2	2290
4	2514
8	2584
12	2612
16	2632
20	2643
24	2650
30	2658

- **Data Produksi :**

$$P_{wf} = 2600 \quad \text{psi}$$

$$q_o = 280 \quad \text{bbl/hari}$$

$$N_p = 2682 \quad \text{stb}$$

- **Data reservoir :**

$$B_o = 1.31 \quad \text{bbl/stb}$$

$$h = 40 \quad \text{ft}$$

$$\mu = 2 \quad \text{cp}$$

$$\phi = 0.1 \quad \text{fraksi}$$

$$r_e = 660 \quad \text{ft}$$

$$r_w = 0.333 \quad \text{ft}$$

$$c_o = 1.50E-05 \quad \text{psi-l}$$

- **Data Test**

dt, menit	P, psi	dt, menit	P, psi
0	2454.19	270	2761.63
0.5	2500.26	300	2761.79
1	2549.4	330	2762.09
2	2623.12	360	2762.55
3	2667.65	390	2762.86
5	2702.97	420	2763.17
8	2735.22	480	2763.63
12	2742.9	540	2764.09
16	2745.97	600	2764.4
20	2749.04	660	2764.7
25	2750.58	720	2765.16
30	2752.11	780	2765.62
40	2753.65	840	2765.93
50	2755.18	900	2766.09
60	2755.95	960	2766.24
75	2756.72	1020	2766.39
90	2757.49	1080	2766.55
105	2758.25	1140	2766.7
120	2759.02	1200	2766.85
135	2759.33	1260	2767.01
150	2759.79	1320	2767.16
170	2760.1	1380	2767.31
190	2760.56	1440	2767.47
210	2761.02	1500	2767.47
240	2761.33	1560	2767.47

Pertanyaan :

tp, jam

Slope, psi/cycle

ko, md

PIjam, psi

Skin

P*, psi

Penyelesaian

- a. Hitung t_p dengan persamaan : $\left(\frac{N_p}{q_o} \right) \times 24$.
- b. Tentukan dt (dari Tabel Data Test) dalam **jam** dan hitung $\frac{dt}{(t_p + dt)}$.
- c. Plot kan antara $\frac{dt}{(t_p + dt)}$ dengan P .
Gunakan grafik dengan tipe **Logarithmic** untuk **X axis**, dengan cara sebagai berikut :
 - a. Klik kanan pada **Value (X) axis**. Pilih **Format Axis ...**,
 - b. Pilih Tab **Scale**, kemudian klik pada **Logarithmic scale**.
- d. Tentukan titik terendah dimana kurva mulai membentuk garis lurus. Misalkan kurva mulai lurus pada titik $P = 20$ menit, maka plotkan kembali $\frac{dt}{(t_p + dt)}$ dengan P (pada grafik yang sama), dimulai dari P_{20} menit sampai P_{1560} menit. Kemudian berikan **Trendline** pada kurva yang didapat.
- e. Hitung **Slope** untuk satu cycle, dengan menggunakan persamaan yang didapat dari **Trendline** kurva. Misal : Slope untuk satu cycle antara 0.01 dan 0.1 hitung dengan persamaan: $(4.0055 * \ln(0.1) + 2777.2) - (4.0055 * \ln(0.01) + 2777.2)$
- f. Hitung K_o dengan persamaan : $K_o = \frac{162.5 \times q_o \mu_o B_o}{\text{Slope} \times h}$
- g. Tentukan P_{jam} ,
- h. Hitung S_{kin} , dengan persamaan :
$$S = 1.151 \times \left(\left(\frac{P_{\text{jam}} - P_{wf}}{\text{Slope}} \right) - \text{LOG} \left(\frac{K_o}{\Phi \times \mu \times C_o \times r_w^2} \right) + 3.23 \right)$$
- i. Hitung kembali P dengan persamaan yang didapat dari **Trendline** kurva. Kemudian diplotkan kembali sehingga didapatkan kurva berupa garis lurus, yang apabila dipotongkan dengan **sumbu Y** akan menunjukkan harga P_s dan P^* (pada $(\frac{dt}{(dt+tp)}) = 1$).
- j. Hitung P^* yaitu pada saat $\frac{dt}{(t_p + dt)} = 1$, dengan menggunakan persamaan **Trendline** kurva.

BAB VI DRILL STEM TEST (DST)

Dasar Teori

Penentuan tekanan reservoir yang sebenarnya pada sumur yang sudah berproduksi jarang dilakukan, untuk mencapai keseimbangan agar diperoleh tekanan reservoir yang sebenarnya seluruh sumur dari lapangan itu harus ditutup untuk jangka waktu tertentu. Hal ini sama sekali tidak menguntungkan dalam hal proses produksi. Untuk itu yang biasanya dilakukan adalah dengan menentukan tekanan dasar salah satu sumur (P_{ws}).

Tekanan dasar sumur biasanya diukur dalam interval waktu tertentu, kemudian tekanan yang diperoleh dari hasil pengukuran diplot dan diinterpolasi untuk mendapatkan tekanan statik sumur tersebut.

Dasar analisa ini dikemukakan oleh Horner, yang pada prinsipnya adalah memplot tekanan terhadap suatu fungsi waktu.

Berdasarkan prinsip tersebut, maka sumur–sumur diproduksi dengan laju alir tetap selama waktu 'tp', kemudian sumur ditutup selama waktu 'Δt', sehingga didapat bentuk umum persamaannya adalah :

$$P_{ws} = P_i - 162.6 \frac{q \times \sim \times B}{k \times h} \log \left(\frac{tp + \Delta t}{\Delta t} \right)$$

dimana :

- P_{ws} = tekanan dasar sumur, psi
- P_i = tekanan mula–mula reservoir, psi
- q = laju produksi sebelum sumur ditutup, bbl / d
- \sim = viscositas minyak, cp
- B = factor volume formasi, bbl/STB
- k = permeabilitas, mD
- h = ketebalan formasi, ft
- tp = waktu produksi sebelum sumur ditutup, jam = $(N_p / q) \times 24$
- Δt = waktu penutupan sumur, jam

Terlihat bahwa apabila P_{ws} diplot terhadap $\log [(tp + \Delta t) / \Delta t]$ akan merupakan garis lurus dengan kemiringan (slope, m) :

$$m = 162.6 \frac{q \times \sim \times B}{k \times h}$$

Berdasarkan konsep tersebut, maka harga permeabilitas dapat ditentukan dari slope 'm', sedangkan apabila garis tersebut diekstrapolasi ke harga 'Horner Time' $[(tp + \Delta t) / \Delta t] = 1$, maka secara teoritis harga P_{ws} sama dengan tekanan awal reservoir .

Contoh 8

Diketahui :

• **Data Produksi :**

$P_{wf} = 2600$ psi
 $q_o = 280$ bbl/hari
 $N_p = 2682$ stb

• **Data reservoir :**

$B_o = 1.31$ bbl/stb
 $h = 40$ ft
 $\mu = 2$ cp
 $\phi = 0.1$ fraksi
 $r_e = 660$ ft
 $r_w = 0.333$ ft
 $c_o = 1.50E-05$ psi-l

• **Data Test**

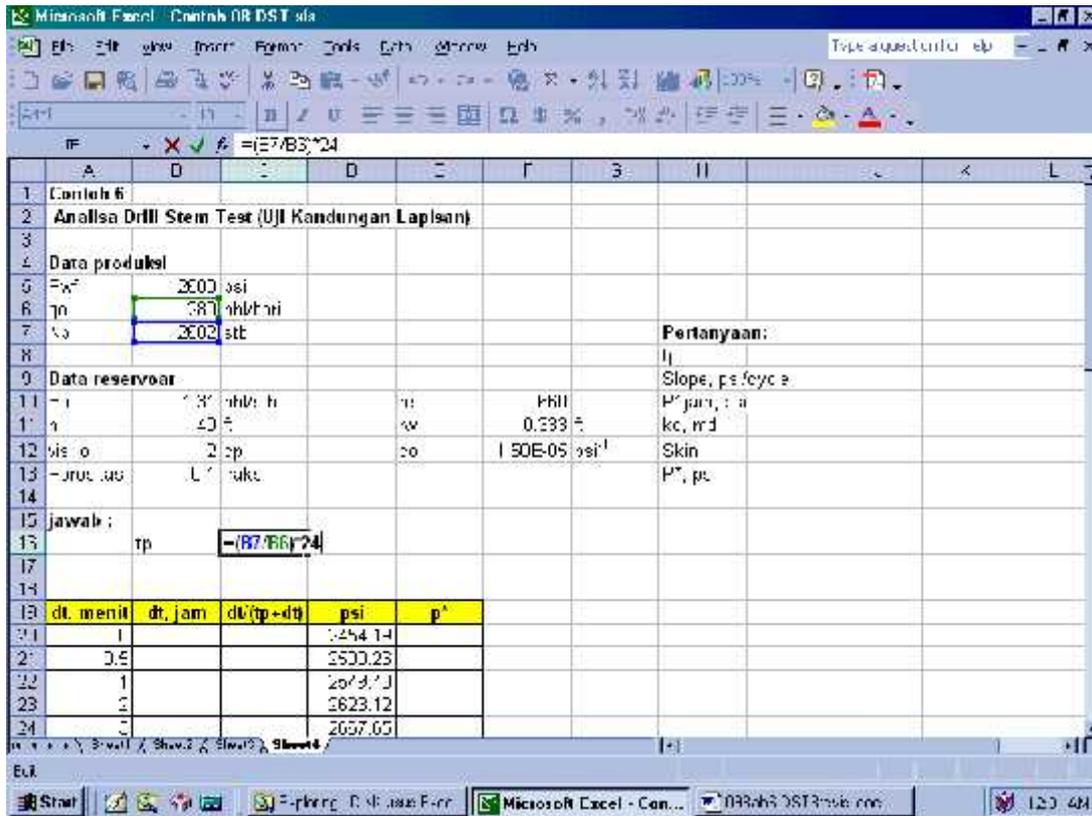
dt, menit	P, psi	dt, menit	P, psi
0	2454.19	270	2761.63
0.5	2500.26	300	2761.79
1	2549.4	330	2762.09
2	2623.12	360	2762.55
3	2667.65	390	2762.86
5	2702.97	420	2763.17
8	2735.22	480	2763.63
12	2742.9	540	2764.09
16	2745.97	600	2764.4
20	2749.04	660	2764.7
25	2750.58	720	2765.16
30	2752.11	780	2765.62
40	2753.65	840	2765.93
50	2755.18	900	2766.09
60	2755.95	960	2766.24
75	2756.72	1020	2766.39
90	2757.49	1080	2766.55
105	2758.25	1140	2766.7
120	2759.02	1200	2766.85
135	2759.33	1260	2767.01
150	2759.79	1320	2767.16
170	2760.1	1380	2767.31
190	2760.56	1440	2767.47
210	2761.02	1500	2767.47
240	2761.33	1560	2767.47

Pertanyaan :

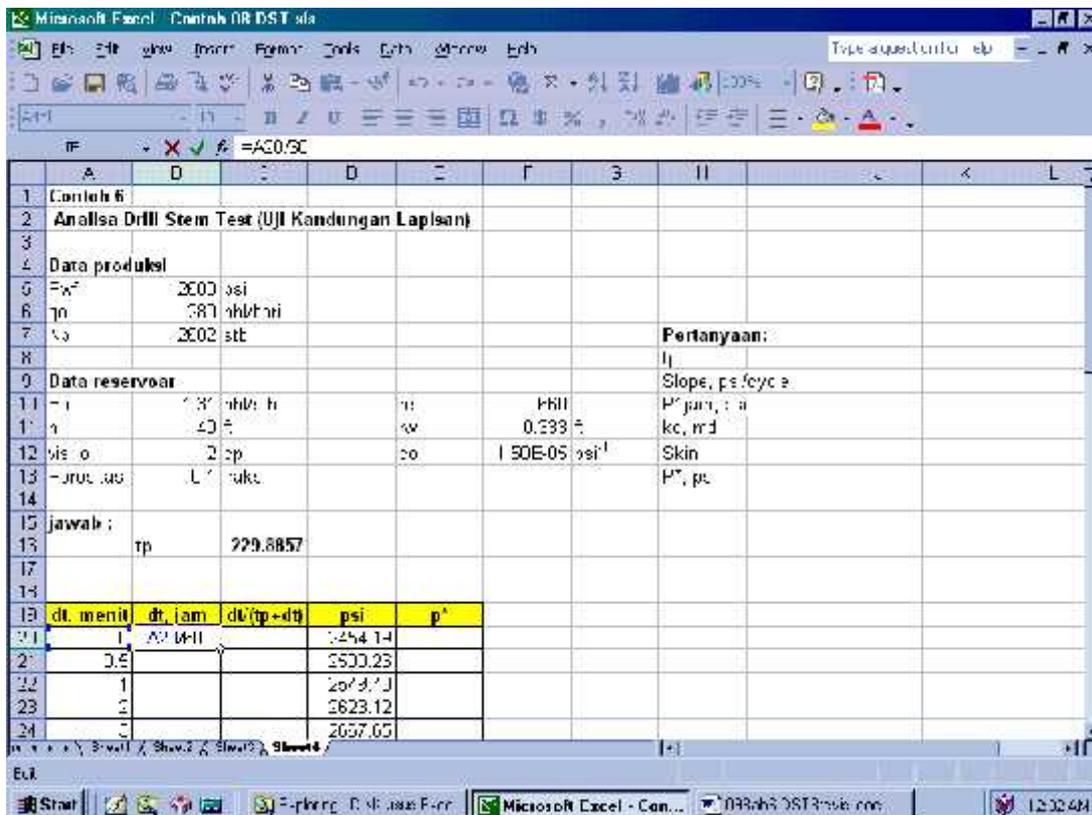
- tp, jam
- Slope, psi/cycle
- ko, md
- P I jam, psi
- Skin
- P*, psi

Penyelesaian

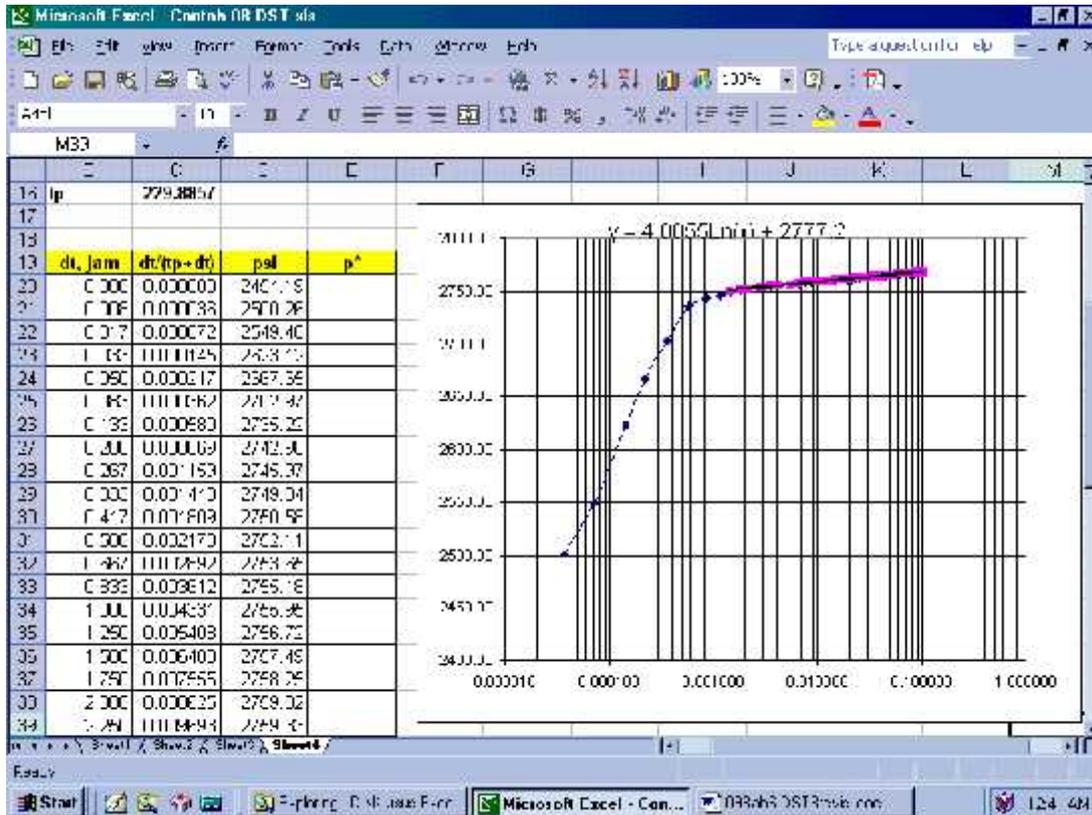
- a. Hitung t_p dengan persamaan : $\left(\frac{N_p}{q_o} \right) \times 24$.



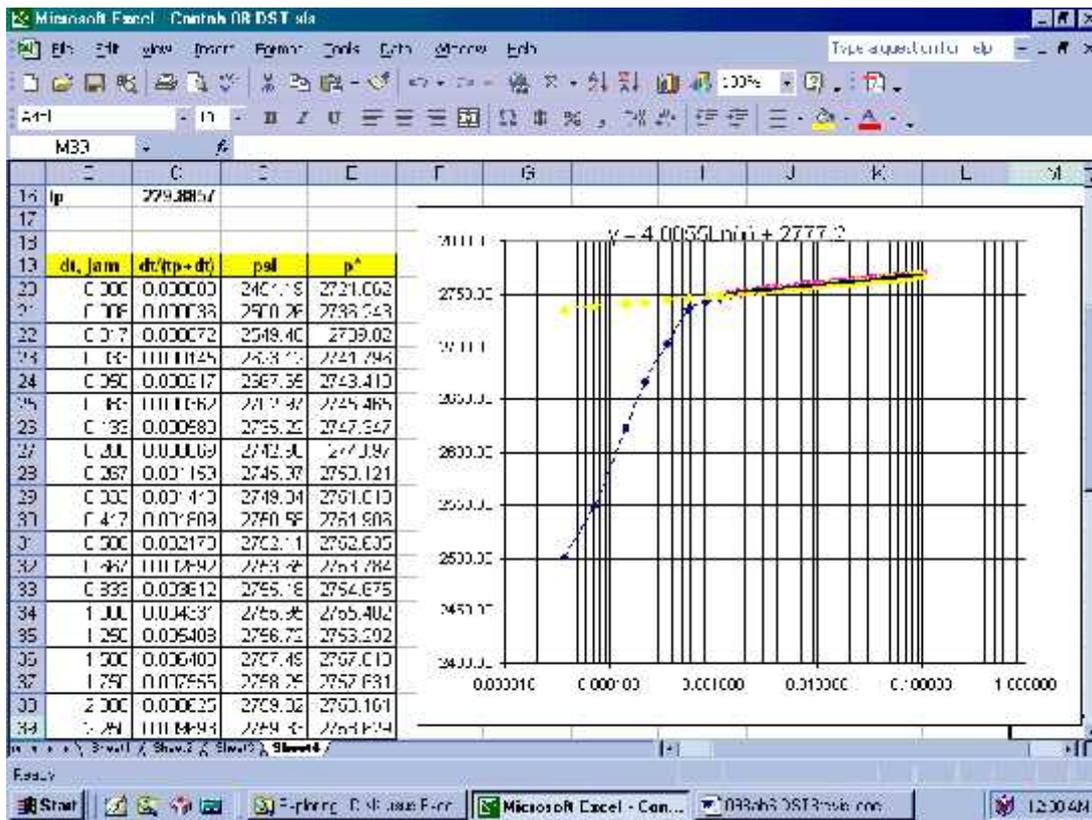
- b. Tentukan dt (dari Tabel Data Test) dalam jam dan hitung $\frac{dt}{(tp + dt)}$.



- c. Plot kan antara $\frac{dt}{(tp + dt)}$ dengan P.
- d. Tentukan titik terendah dimana kurva mulai membentuk garis lurus. Misalkan kurva mulai lurus pada titik $P = 20$ menit, maka plotkan kembali $\frac{dt}{(tp + dt)}$ dengan P (pada grafik yang sama), dimulai dari P_{20} menit sampai P_{1560} menit. Kemudian berikan **Trendline** pada kurva yang didapat.



- e. Hitung **Slope** untuk satu cycle, dengan menggunakan persamaan yang didapat dari **Trendline** kurva. Misal : Slope untuk satu cycle antara 0.01 dan 0.1 hitung dengan persamaan: $(4.0055 \cdot \ln(0.1)) + 2777.2) - (4.0055 \cdot \ln(0.01)) + 2777.2)$
- f. Hitung K_o dengan persamaan :
$$K_o = \frac{162.5 \times q_o \mu_o B_o}{\text{Slope} \times h}$$
- g. Tentukan P_{Ijam}
- h. Hitung $Skin$, dengan persamaan :
- $$S = 1.151 \times \left(\left(\frac{P_{Ijam} - P_{wf}}{\text{Slope}} \right) - \text{LOG} \left(\frac{K_o}{\Phi \times \mu \times C_o \times r_w^2} \right) + 3.23 \right)$$
- i. Hitung kembali P dengan persamaan yang didapat dari **Trendline** kurva. Kemudian diplotkan kembali sehingga didapatkan kurva berupa garis lurus, yang apabila dipotongkan dengan **sumbu Y** akan menunjukkan harga P_s dan P^* (pada $(\frac{dt}{(dt+tp)}) = 1$).



- j. Hitung P* yaitu pada saat $\frac{dt}{(tp + dt)} = 1$, dengan menggunakan persamaan Trendline kurva.

BAB VII GAS DELIVERABILITY

Dasar Teori

Deliverability merupakan suatu hubungan antara penurunan laju produksi dengan tekanan reservoir, sebagai akibat berlangsungnya proses "depletion" dari suatu reservoir gas diperlakukan dalam perencanaan pengembangan lapangan. Persamaan yang digunakan adalah persamaan empiris yang selaras dengan hasil pengamatan. Persamaan ini menyatakan hubungan antara q_{sc} terhadap ΔP^2 pada kondisi aliran yang stabil.

$$q_{sc} = C (Pr^2 - Pwf^2)^n$$

dimana :

q_{sc} = laju produksi pada keadaan standard.

Pr = tekanan reservoir rata-rata pada waktu sumur ditutup

Pwf = tekanan alir dasar sumur

C = konstanta, tergantung pada satuan dari q_{sc} dan P .

n = harga konstan berkisar antara 0.5 – 1.0

Harga n ini mencerminkan derajat pengaruh faktor inersia turbulensi atas aliran.

Pembuatan grafik dengan sistem koordinat log-log berdasarkan persamaan (1) akan menghasilkan hubungan yang linier.

$$\log q_{sc} = \log C + n \log \Delta P^2$$

$$\Delta P^2 = (Pr^2 - Pwf^2)$$

Untuk harga C dapat dicari secara grafis yaitu berdasarkan titik perpotongan grafik dengan sumbu mendatar (q_{sc}) dan satuannya dapat dinyatakan dalam

$$[C]: \frac{\text{MMSCF/hari}}{(\text{Psi}^2)^n}$$

Harga n diperoleh dari sudut kemiringan grafik dengan sumbu tegak (ΔP^2). Satuan ukuran lain yang digunakan dalam analisa "deliverability adalah Absolute Open Flow Potential (AOF). Besar potensial ini diperoleh, bila dalam persamaan (1) dimasukkan harga Pwf sama dengan nol,

$$\text{AOF} = C (Pr^2)^n$$

Analisa deliverabilitas berdasarkan persamaan (1) dikenal sebagai analisa konvensional.

Ada 3 macam metode tes yang digunakan untuk mencapai deliverability, yaitu :

- a. Back Pressure
- b. Isochronal
- c. Modified Isochronal.

Pada kuliah ini kita gunakan Metode Back Pressure Test.

Analisa Deliverabilitas dengan Back Pressure Test

Back pressure merupakan metode tes sumur gas untuk mengetahui kemampuan sumur berproduksi dengan memberikan tekanan balik (back pressure) yang berbeda-beda. Langkah dari Back Pressure Test adalah sebagai berikut :

1. Menstabilkan tekanan reservoir dengan jalan menutup sumur, dimana dapat ditentukan Pr.
2. Sumur diproduksi diubah-ubah empat kali dan setiap kali sumur dibiarkan berproduksi sampai tekanan mencapai stabil, sebelum diganti dengan laju produksi lainnya. Setiap perubahan laju produksi tidak didahului dengan penutupan sumur.

Note :

Dikutip dari Teknik Eksploitasi Gas Bumi, oleh Dr. Ir. Doddy Abdasah, Jurusan Teknik Perminyakan, ITB 1993.

Contoh 9

Diketahui Data Hasil tes :

No	q_{sc}	Tekanan, psia
0	0	408.2
1	4.288	403.1
2	9.265	394
3	15.552	378.5
4	20.177	362.6

$\xrightarrow{\text{Pr}}$
 $\xrightarrow{\Delta P_i^2}$

Tentukan : Absolute Open Flow Potential (AOF).
 (Note: The original text says "Absolute Open Flow Potential (AOF)", but the context and the provided equation suggest it is Absolute Open Flow Potential (AOF) or similar. The text in the image is "Absolute Open Flow Potential (AOF)".)

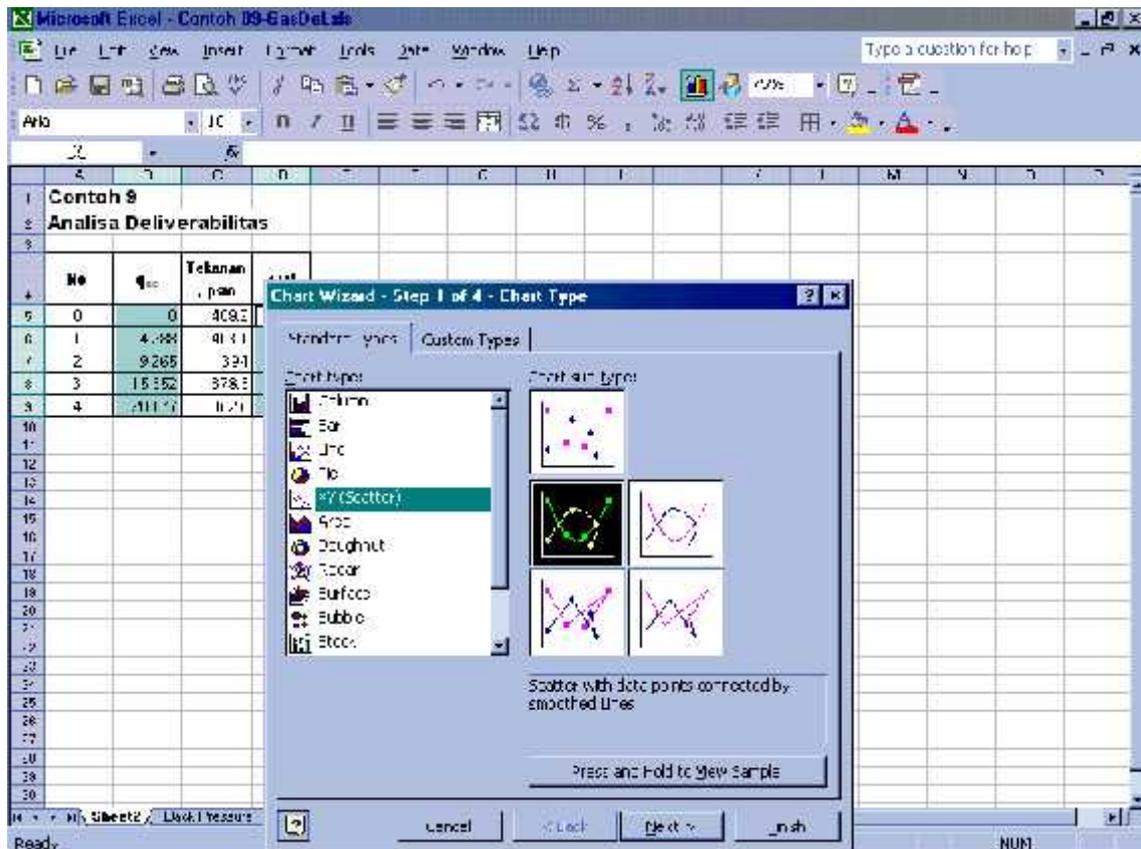
Penyelesaian

1. Hitung ΔP^2 dengan persamaan :

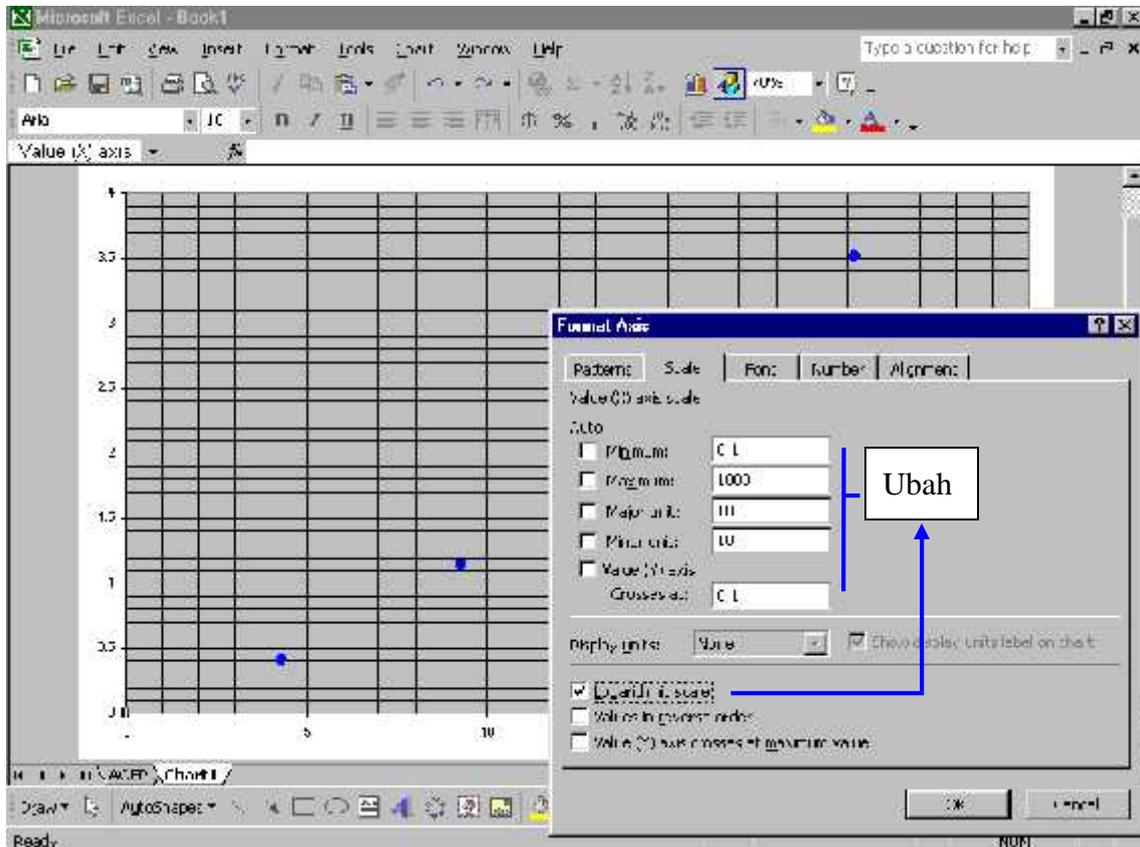
$$\Delta P_n^2 = \frac{Pr^2 - Pwf_n^2}{10^4}$$

2. Plot antara q_{sc} vs ΔP^2 , dengan q_{sc} sebagai sumbu X.

- Pilih tipe chart XY (scatter) dengan Chart sub-type berupa titik (terletak paling atas).



3. Format Value (X) axis dan Value (Y) axis dengan logarithmic scale.
 - Buat skala pada sumbu X dan Y dengan harga Min = 0.1 dan harga Max = 1000
 - Buat Value (X) axis dan Value (Y) axis memotong pada harga Min.
 - Misalkan untuk skala pada sumbu X, klik kanan pada Value (X) axis kemudian lihat gambar berikut:



4. Buat Trendline dari chart yang didapat, dengan :
 - Tipe : Power
 - Option : Pilih Display Equation on Chart.
5. Gunakan persamaan yang didapat dari trendline untuk menghitung harga ΔP^2 pada $q_{sc} = 0.1, 10$ dan 100 .
6. Kemudian plotkan harga yang didapat dari langkah 5, pada grafik yang sama. Kemudian beri trendline lagi seperti pada langkah 4.
7. Hitung n dengan persamaan : $\log q_{sc} = \log C + n \log \Delta P^2$
8. Tentukan titik perpotongan garis yang terbentuk dari trendline dengan sumbu X, atau nilai q_{sc} pada $\Delta P^2 = 0.1$.
9. Hitung C dengan persamaan :

$$C = \frac{q}{(0.1 \times 10^4)^n}$$

dimana : q adalah q_{sc} pada $\Delta P^2 = 0.1$.

10. Dengan memberikan $Pwf = 0$ pada persamaan (1). Hitung ΔP^2 .
11. Tentukan Absolute Open Flow Potential (AOF),

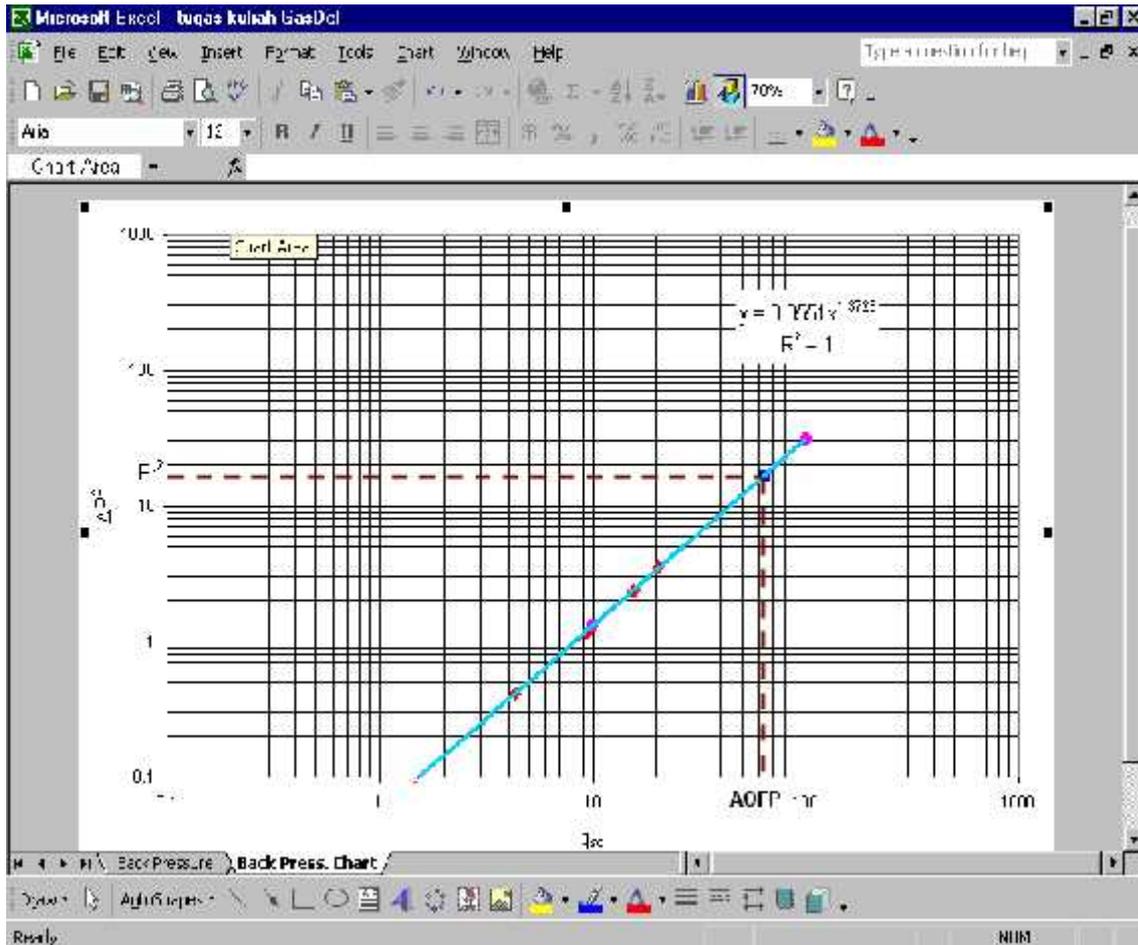
a. Secara grafis,

Dari harga $\Delta P^2 = Pr^2$ tarik garis horizontal ke kanan hingga memotong kurva, kemudian dari titik perpotongan tersebut tarik garis vertikal ke bawah hingga memotong sumbu x. Titik perpotongan pada sumbu x tersebut merupakan Absolute Open Flow Potential (AOFP).

b. Dengan persamaan,

AOFP dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{AOF} = C \times (P_r^2)^n$$



BAB VIII PERENCANAAN LINTASAN SUMUR HORIZONTAL

Dasar Teori

Secara umum pemboran horizontal diklasifikasikan dalam tiga kategori, berdasarkan besarnya pertambahan sudut kemiringan (Build Up Rate) yang digunakan, yaitu :

- Long radius, Build Up Rate (BUR) 2 – 6 °/100 ft, Panjang Lateral 1.000 – 3.000 ft.
- Medium Radius, BUR 8– 20 °/100 ft, Panjang Lateral 125 – 700 ft.
- Short Radius, BUR 1,5 – 3 °/ft, Panjang Lateral 20 – 40 ft.

Pemboran horizontal mempunyai tiga bagian (phase) mulai dari ujung kepala sumur sampai pada ujung sumur bagian bawah, yaitu :

- Bagian I, pemboran vertikal sampai KOP (Kick Of Point)
- Bagian II, pemboran berarah dari KOP sampai EOC (End Of Curvature)
- Bagian III, pemboran dari EOC sampai Target, yang mempunyai arah horizontal (Lateral)

Ada banyak metode yang digunakan untuk menghitung bentuk dari kurva-kurva lintasan sumur, untuk saat ini kita akan menggunakan metode **Minimum of Curvature**. Metode ini dipilih karena paling sering digunakan dan salah satu dari metode perhitungan yang paling akurat.

Contoh 10

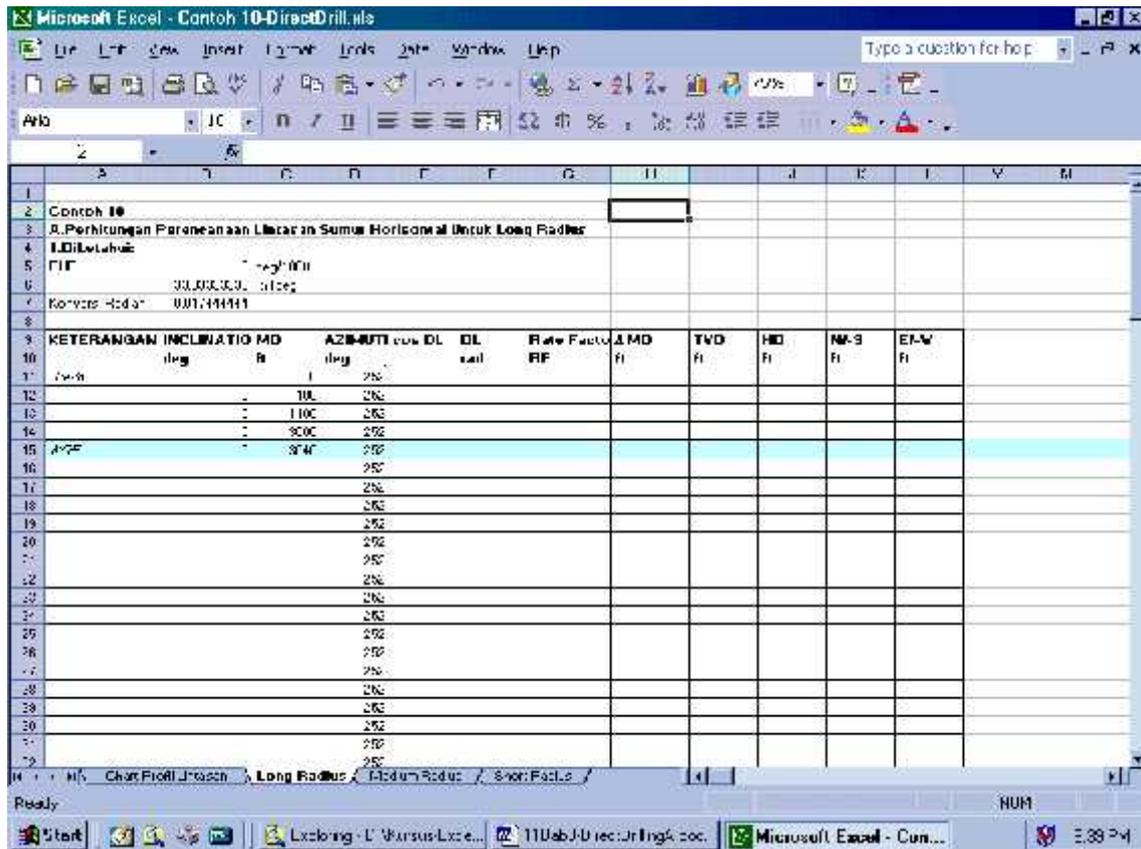
Perencanaan Lintasan Sumur Horizontal Untuk Long Radius

Diketahui :

- Pertambahan sudut (BUR) = 3 deg/100 ft, maka pertambahan panjang untuk setiap satu derajat adalah 33.33 ft/1 deg.
- Untuk Konversi dari satuan Degrees ke satuan Radian adalah $\frac{2\pi}{360} = \frac{\pi}{180} = \frac{3,14}{180} = 0,0174$
- Titik dimana mulai dilakukan pembelokan atau Kick of Point (KOP) : 3040 ft
- Azimuth : 252 °
- Panjang Bagian Horizontal : 1000 ft
- Ubah atau konversikan satuan **degree** menjadi **radian** (untuk Inclination dan Azimuth) untuk setiap perhitungan Sin, Cos dan Tan.

Penyelesaian

Buat tabel dengan format sebagai berikut :



3. Tentukan Inclinatio dengan penambahan 1 derajat mulai dari titik setelah KOP sampai diperoleh 90°. Dimana pada titik 89° merupakan titik akhir dari kurva atau **End of Curvature (EOC)**.
4. Tentukan Measure Depth (MD) setelah titik KOP hingga EOC dengan persamaan : MD_{KOP} ditambah dengan BUR untuk tiap 1 derajat. **Copy dan Paste** hingga titik EOC.
5. Tambahkan MD_{EOC} dengan panjang horizontal untuk menentukan **Kedalaman Target (TD)**.
6. Lanjutkan Langkah (4) hingga mencapai **Kedalaman Target**.
7. Lanjutkan Langkah (3) hingga mencapai **Kedalaman Target**, dengan Inklinasi tetap (90°).
8. Buat Azimuth sebesar 252°, konstan dari Tie-In sampai Target.
9. Hitung Cos DL dengan persamaan :

$$\cos DL = \cos(I_2 - I_1) - \sin I_1 \times \sin I_2 \times [1 - \cos(A_2 - A_1)]$$

10. Hitung DOG LEG Angle (DL) dalam **Radian**, dengan persamaan :

$$DL = \text{DEGREES}(\text{ACOS}(\text{COS DL})) \text{ dikalikan Konversi Radian}$$

11. Hitung Rate Factor (RF) dengan persamaan :

$$RF = \left(\frac{2}{DL}\right) \times \tan\left(\frac{DL}{2}\right)$$

apabila hasil yang didapat pada cell = **#DIV/0!**, maka gantikan harga tersebut dengan 0 (NOL) secara manual.

12. Hitung ΔMD.

13. Hitung True Vertical Depth (TVD), dengan persamaan :

$$TVD(\Delta VD) = \frac{\Delta MD}{2} \times (\cos I_1 + \cos I_2) \times RF$$

- Untuk TVD dari Tie-In sampai KOP sama dengan MD.
- Untuk TVD setelah KOP gunakan persamaan diatas, ditambah dengan MD pada KOP. **Copy** dan **Paste** kan hingga Target.

14. Hitung Horizontal Departure (HD) dengan persamaan :

$$HD(\Delta D) = \frac{\Delta MD}{2} \times (\sin I_1 + \sin I_2) \times RF$$

Langkah perhitungan :

1. Hitung dengan persamaan diatas dari Tie-In sampai ke Target.
2. Ambil harga HD pada titik EOC (HD@EOC).
3. (Masih bekerja pada kolom yang sama). Ubah harga HD setelah KOP sampai Target, dengan menambahkan harga tiap-tiap HD dengan harga HD pada cell diatasnya.
4. (Masih bekerja pada kolom yang sama). Ubah harga HD setelah EOC sampai Target, dengan menambahkan harga-harga HD setelah EOC dengan HD@EOC.

15. Hitung North/-South dan East/-West, dengan persamaan :

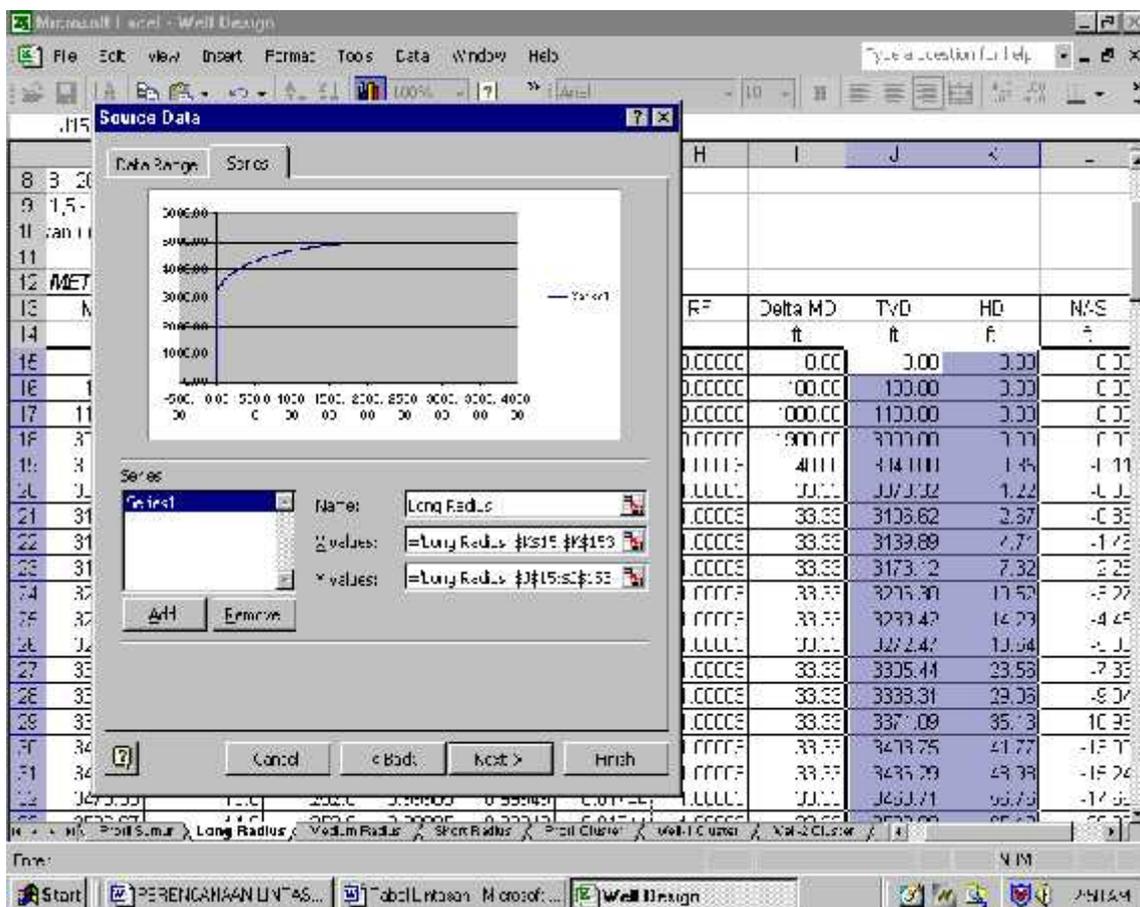
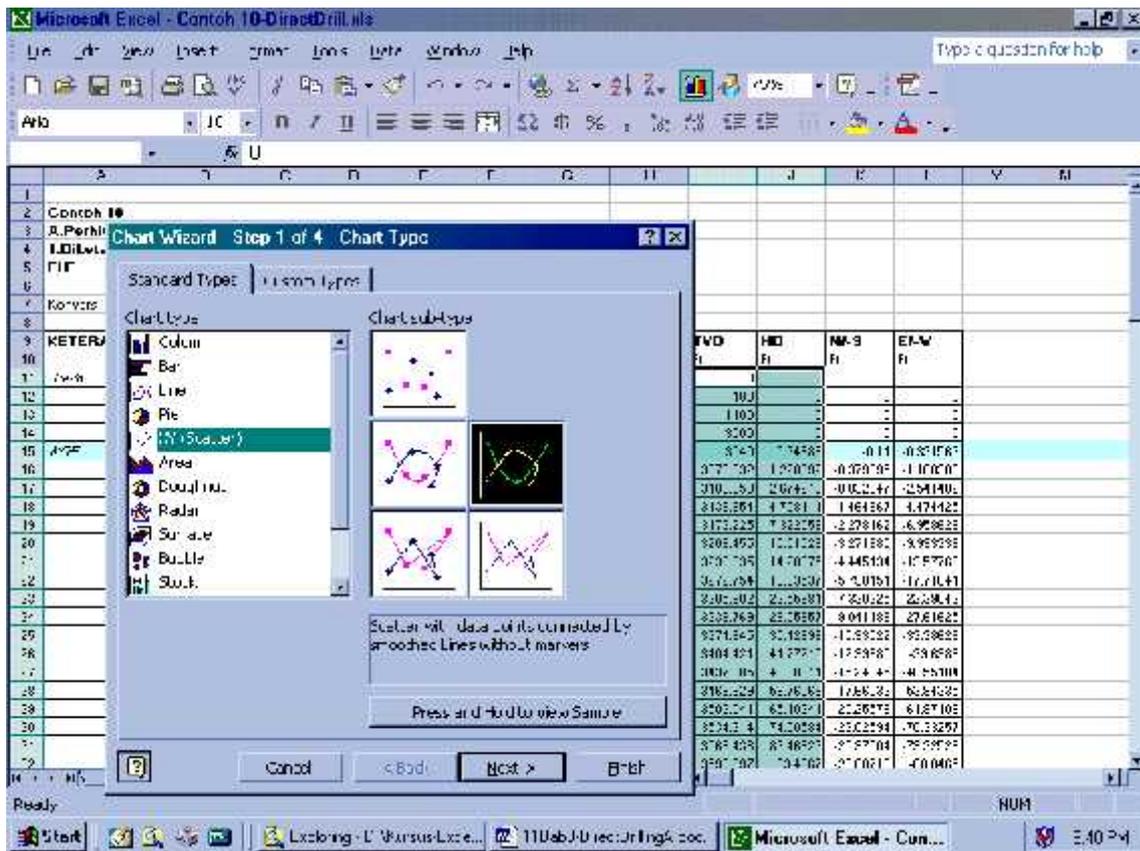
$$NORT(\Delta N) = \frac{\Delta MD}{2} \times (\sin I_1 \cos A_1 + \sin I_2 \cos A_2) \times RF$$

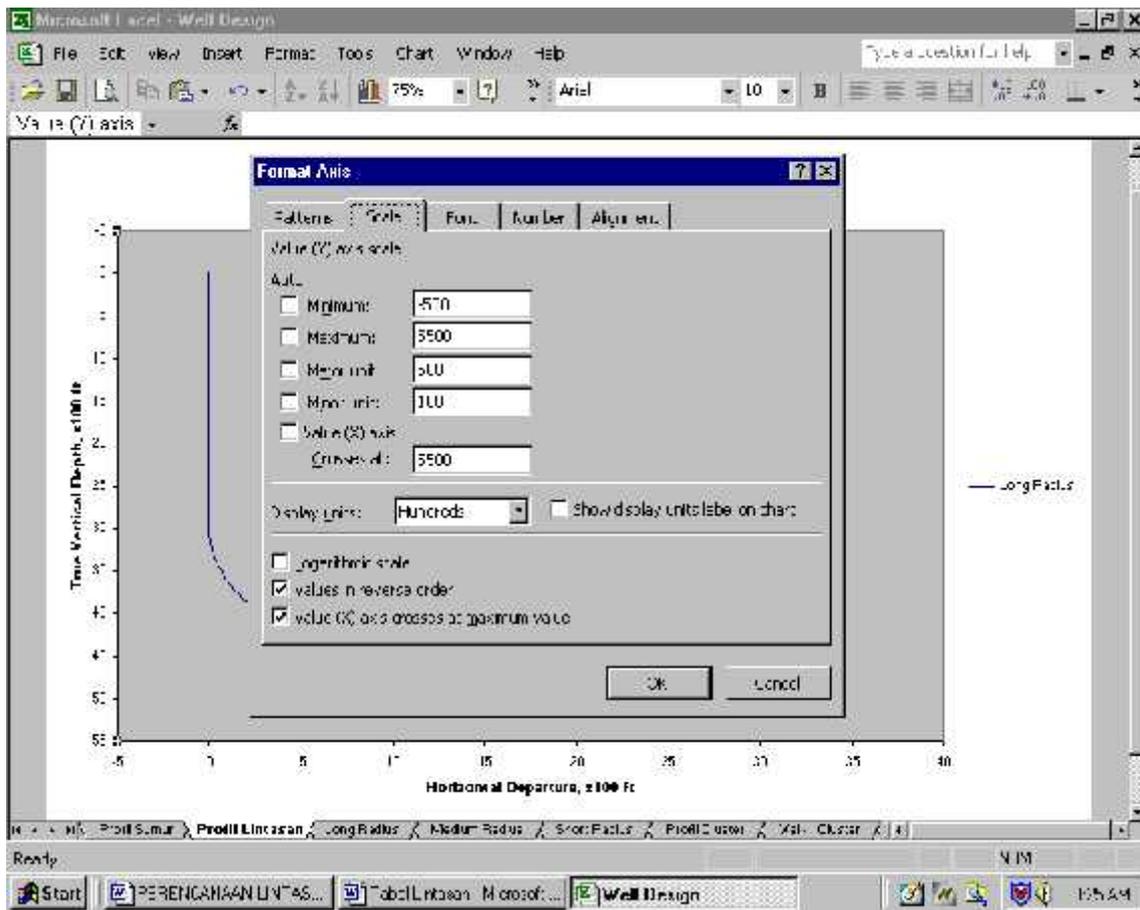
$$EAS(\Delta E) = \frac{\Delta MD}{2} \times (\sin I_1 \sin A_1 + \sin I_2 \sin A_2) \times RF$$

Langkah perhitungan sama dengan Langkah (14).

Pembuatan Grafik Lintasan Sumur Horizontal Long Radius

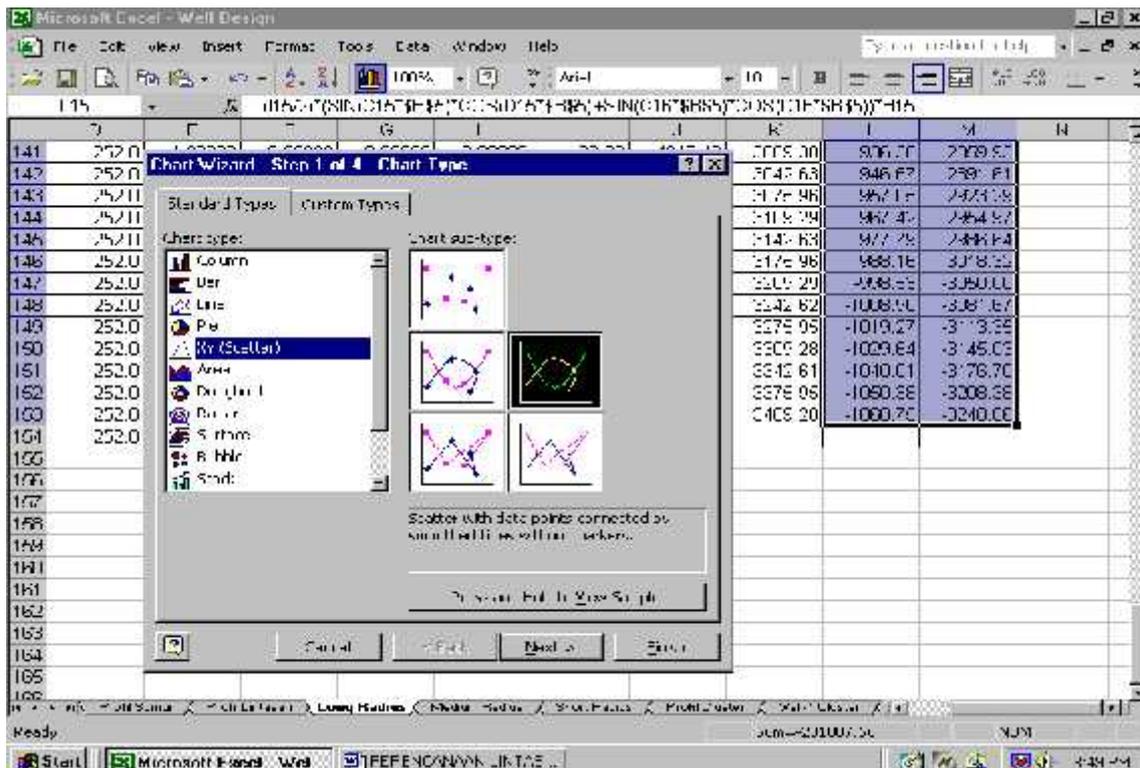
1. Plot TVD vs HD dengan HD sebagai Sumbu X. Gunakan tipe grafik XY (Scatter) dengan *Chart sub-type Scatter with data points connected by smoothed lines without marker*. Klik Next.
2. Ketikkan pada chart title dengan "Vertical Section Plot", value (X) axis dengan "Horizontal Departure, x100 ft" & value (Y) axis dengan "True Vertical Depth x100 ft".
3. Hilangkan tanda $\sqrt{\quad}$ pada Gridlines. Klik Next.
4. Pada Chart Location pilih as new sheet, beri nama Profil Lintasan. Klik Finish.

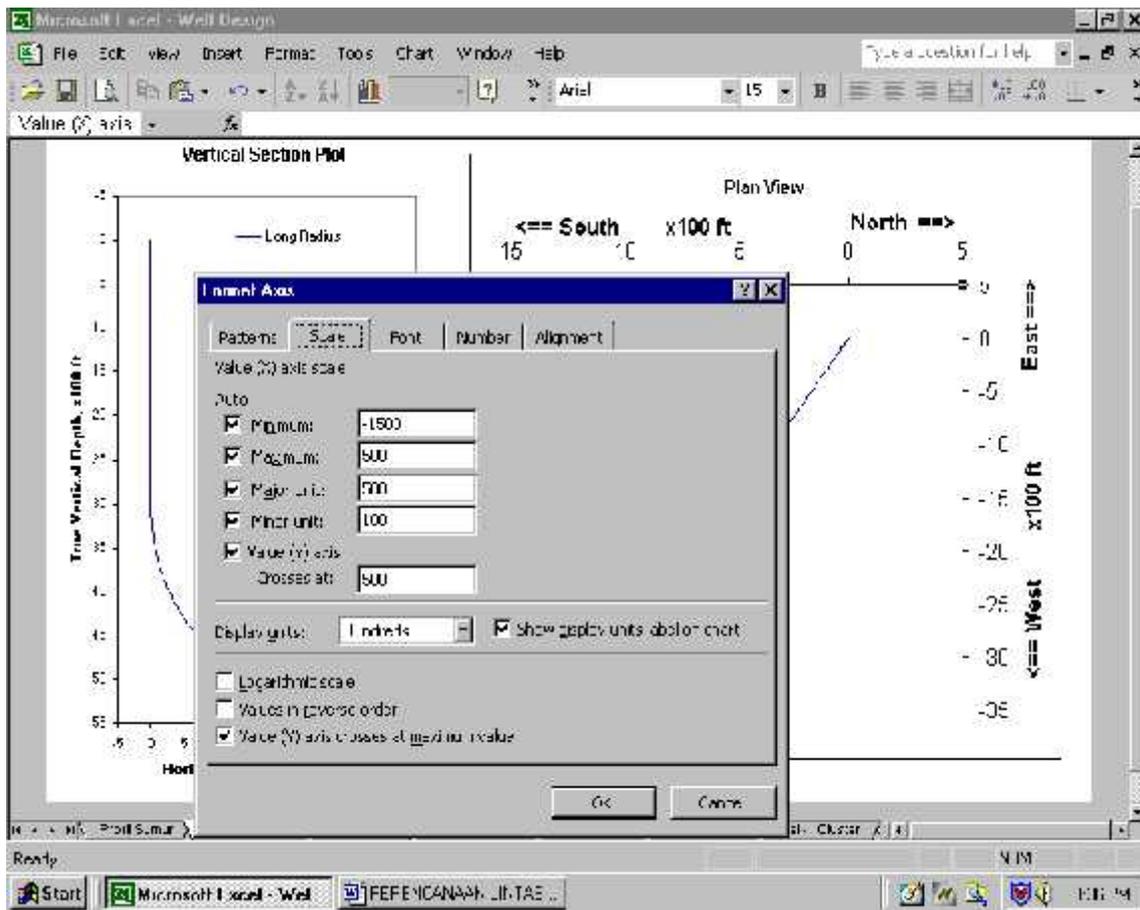




C. Pembuatan Grafik Arah Lintasan

1. Plot data *North vs East* dengan menggunakan tipe grafik *Chart sub-type Scatter with data points connected by smoothed lines without marker*, lalu klik Next.





BAB IX PERENCANAAN SUMUR CLUSTER

Dasar Teori

Pada dasarnya perencanaan sumur cluster sama dengan perencanaan lintasan pada sumur horizontal. Karena sumur-sumur cluster dapat menggunakan tipe pemboran horizontal maupun directional. Pada modul ini akan dibahas pembuatan sumur cluster dengan tipe pemboran directional dengan KOP dan BUR yang berbeda. Metode yang digunakan tetap **Minimum Of Curvature**.

Contoh 11

Diketahui :

Data :

BUR = 3 °/100 ft

Sumur	KOP (ft)	Inclination (°)	Hold (°)	Azimuth (°)
Pertama	-	0	0	0
Kedua	3.040,0	1 s.d. 9	9	350
Ketiga	2.790,0	1 s.d. 15	15	80
Keempat	3.040,0	-1 s.d. -9	-9	350
Kelima	2.790,0	-1 s.d. -15	-15	80

Penyelesaian

A. Pembuatan Tabel :

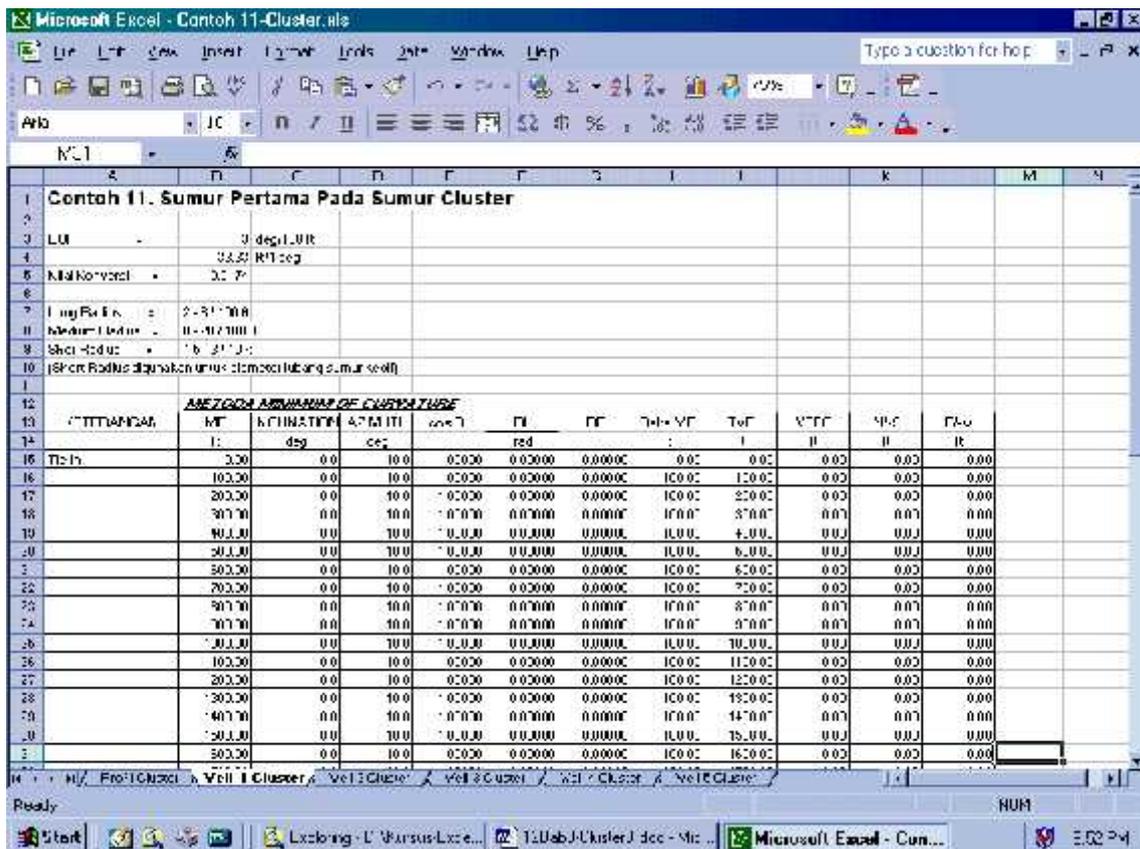
1. Dari $BUR = 3 \text{ } ^\circ/100 \text{ ft}$, hitung panjang (ft) per 1 derajat ,

$$\frac{100\text{ft}}{BUR} = \frac{100\text{ft}}{3^\circ} = 3333\text{ft}/^\circ$$

2. Hitung *Konversi Radian*,

$$\frac{\pi}{180} = \frac{3,14}{180} = 0,0174$$

3. Buat Tabel seperti terlihat pada gambar berikut :



4. Ketik data seperti pada Tabel Data diatas dan Tabel Lintasan pada halaman belakang hingga KOP. Untuk Sumur pertama pertambahan panjang sebesar 100 ft.
5. Pada sumur kedua hingga kelima *MD* setelah KOP, pertambahan panjang KOP ditambah panjang per 1 derajat, copy hingga target.
6. Untuk *Inclination*, pada baris setelah KOP ketik 1 kemudian pada baris berikutnya buat pertambahan sudut inklinasi sebesar 1° untuk tiap baris hingga Hold. Setelah Hold sudut inklinasi tetap sebesar data yang ada hingga Target.
7. *Azimuth* sama disemua baris, untuk sumur pertama azimuth sama dengan nol (0).
8. *cos DL* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\cos DL = \cos(\theta_2 - \theta_1) - \sin \theta_1 \times \sin \theta_2 \times [1 - \cos(\alpha_2 - \alpha_1)]$$

Untuk mendapatkan nilai Sin, Cos dan Tan pada Excel besar sudut harus dikalikan dengan konversi radian

$$\frac{\pi}{180} = \frac{3,14}{180} = 0,0174 \text{ (Lihat Tabel Data Lintasan).}$$

9. Hitung **DL** dalam **Derajat** (cos DL dirubah menjadi derajat, $\arccos(\cos DL)$) dan **Radian** (DL dalam derajat dikalikan dengan konversi radian).

Misal :

$$\text{Cos DL} = 0,99985$$

$$\text{DL (deg)} = 0,99949 \text{ (= } \arccos(\cos DL)\text{)}$$

$$\text{DL (rad)} = 0,01744 \text{ (= } \arccos(\cos DL) \times (3,14/180)\text{)}$$

10. Hitung **RF (Rate Factor)** dengan menggunakan rumus :

$$\text{RF} = \left(\frac{2}{\text{DL}} \right) \times \tan\left(\frac{\text{DL}}{2} \right)$$

$$\text{RF} = \left(\frac{2}{0,01744} \right) \times \tan\left(\frac{0,99949}{2} \right) = 10000$$

11. Hitung **delta MD** (ΔMD).

12. Hitung **True Vertical Depth** (TVD), dengan menggunakan rumus :

$$\text{TVD}(\Delta \text{VD}) = \frac{\Delta \text{MD}}{2} \times (\cos I_1 + \cos I_2) \times \text{RF}$$

Pada cell sebelum KOP hasil perhitungan dari rumus diatas ditambah dengan nilai sebelumnya, copy hingga KOP.

Untuk cell setelah KOP hasil perhitungan dari rumus diatas ditambah dengan nilai sebelumnya (KOP), copy hingga Target.

13. Hitung **Horizontal Departure** (HD), dengan menggunakan rumus :

$$\text{HD}(\Delta \text{D}) = \frac{\Delta \text{MD}}{2} \times (\sin I_1 + \sin I_2) \times \text{RF}$$

Pada cell setelah KOP hasil perhitungan dari rumus diatas ditambah dengan nilai sebelumnya (KOP), copy hingga Target.

Untuk **Inclination** sama dengan Hold nilai yang ada ditambah dengan nilai hasil perhitungan rumus diatas pada **Inclination** sebelum Hold, copy hingga Target.

14. Hitung **North/South**, dengan menggunakan rumus :

$$\text{NORT}(\Delta \text{N}) = \frac{\Delta \text{MD}}{2} \times (\sin I_1 \cos A_1 + \sin I_2 \cos A_2) \times \text{RF}$$

Pada cell setelah KOP hasil perhitungan dari rumus diatas ditambah dengan nilai sebelumnya (KOP), copy hingga Target.

Untuk *Inclination* sama dengan Hold nilai yang ada ditambah dengan nilai hasil perhitungan rumus diatas pada *Inclination* sebelum Hold, copy hingga Target.

15. Hitung *East-West*, dengan menggunakan rumus :

$$EAS(\Delta E) = \frac{\Delta MD}{2} \times (\sin I_1 \sin A_1 + \sin I_2 \sin A_2) \times RF$$

Pada cell setelah KOP hasil perhitungan dari rumus diatas ditambah dengan nilai sebelumnya (KOP), copy hingga Target.

Untuk *Inclination* sama dengan Hold nilai yang ada ditambah dengan nilai hasil perhitungan rumus diatas pada *Inclination* sebelum Hold, copy hingga Target.

16. Ulangi langkah (B.1.) untuk melakukan penghitungan pada sumur berikutnya, berdasarkan data yang ada diatas.

Untuk nilai *HD*, *North-South* dan *East-West* pada Sumur II (+100) & III (+200), pada Sumur IV (-100) & V (-200).

B. Pembuatan Grafik Lintasan Sumur :

1. Plot data *TVD* vs *HD* dengan menggunakan tipe grafik Scatter (sub tipe smooth line without marker), lalu klik next.
2. Dimana *HD* sebagai sumbu X dan *TVD* sebagai Sumbu Y, lalu beri nama "Sumur I".
3. Ketik *chart title* dengan "Vertical Section Plot", *value (X) axis* dengan "Horizontal Departure, x100 ft" & *value (Y) axis* dengan "True Vertical Depth x100 ft", klik Next.
4. Pada *Chart Location* pilih *as new sheet*, beri nama "Profil Cluster".
5. Format X axis, seperti pada gambar. Pada *number* pilih *general*, ketik harga *minimum* pada *Cross at*, pilih *hundreds* pada *display unit*.
6. Format Y axis, seperti pada gambar. Pada *number* pilih *general*, ketik harga *maximum* pada *Cross at*, pilih *hundreds* pada *display unit*. Kemudian pilih *values in reserve order* dan *value (Y) axis at maximum value*, klik *OK*.
7. Klik kanan pada *plot area*, pilih *source data*, kemudian ulangi langkah (C.1.) untuk melakukan plot grafik sumur berikutnya.

C. Pembuatan Grafik Arah Lintasan

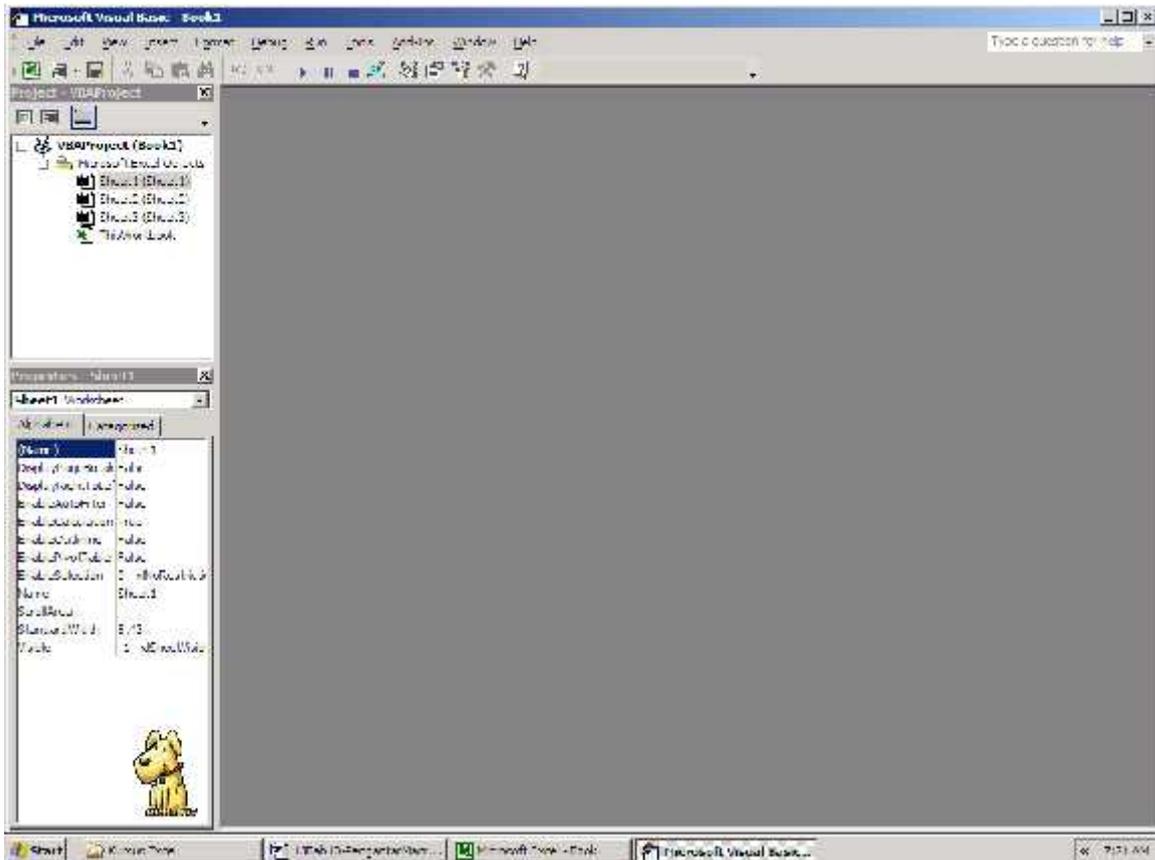
1. Plot data *North* vs *East* dengan menggunakan tipe grafik Scatter (sub tipe smooth line without marker), lalu klik next.
2. Pada Series, ketik "Sumur I" untuk nama series, klik next.
3. Pada *Chart Title* ketik seperti terlihat pada gambar, klik next.
4. Kemudian pilih *as object in*, pilih "Profil Cluster", klik Finish.

5. Format Y Axis, ubah *Number* menjadi *General*, kemudian lakukan langkah seperti pada gambar berikut ini.
Demikian juga dengan X Axis.
6. Klik kanan pada *plot area*, pilih *source data*, kemudian ulangi langkah (D.I.) untuk melakukan plot grafik sumur berikutnya.

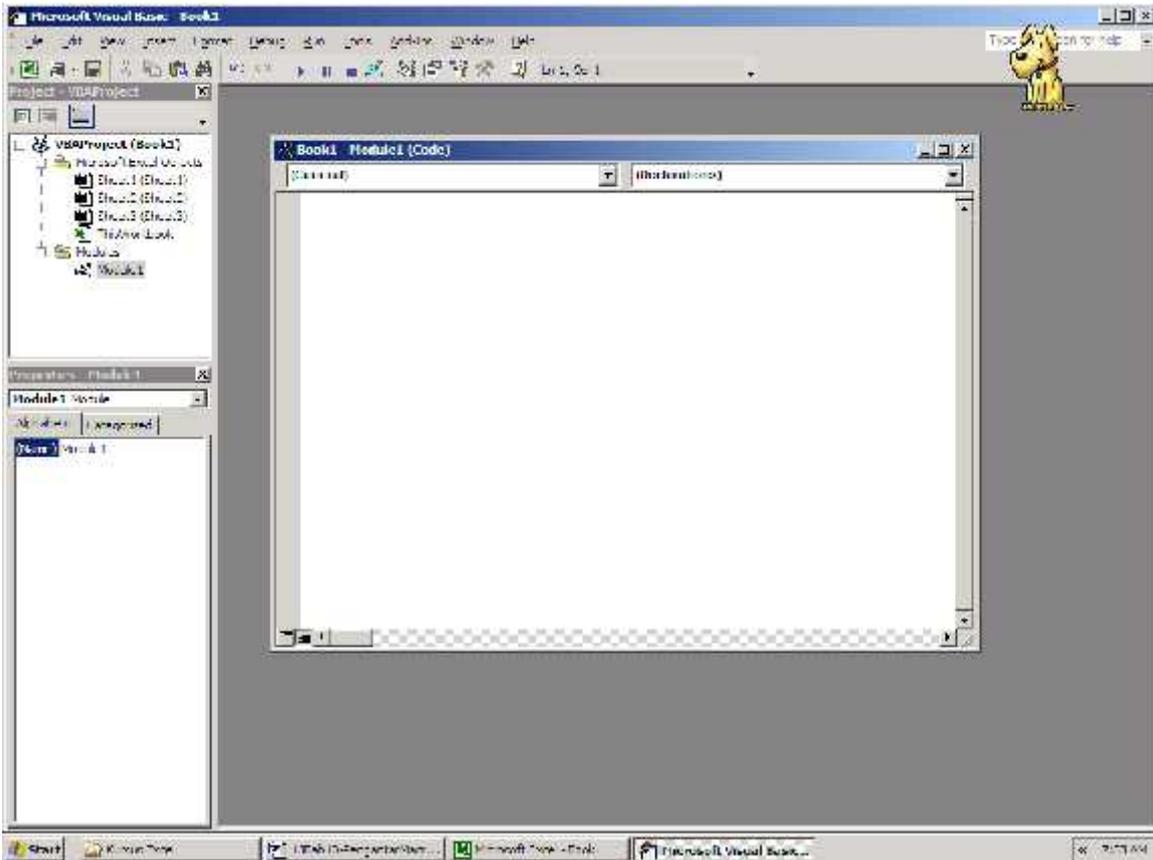
BAB X MACRO EXCEL DAN APLIKASI TEKNIK PERMINYAKAN

Bekerja dengan Visual Basic Editor

Untuk membuka Visual Basic Editor dari Microsoft Excel dapat digunakan variasi tombol **ALT-F11**, maka akan tampak window baru seperti berikut :



Setelah muncul tampilan seperti Gambar 1 diatas, yang perlu dilakukan pertama kali adalah menambahkan modul dengan cara pilih **Insert->Module**, maka akan muncul:



Pada window yang baru muncul itu, kita dapat menuliskan kode program untuk fungsi yang akan dibuat.

Membuat Fungsi dengan VBA

Bentuk fungsi pada Visual Basic adalah :

Function Nama (arglist) As type

Pernyataan

Nama = Ekspresi

[Exit Function]

End Function

Memanggil Fungsi Dari Microsoft Excel

Sedangkan Untuk memanggil fungsi tersebut, digunakan cara seperti cara pemanggilan fungsi standart Excel.

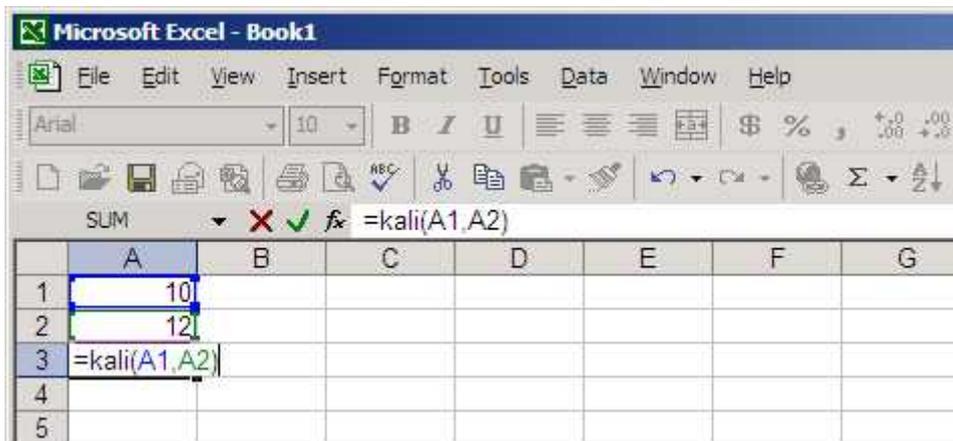
Contoh Pembuatan Fungsi dan Pemanggilannya dari Excel

Pada Editor Module tuliskan :



```
Function kali(x, y)
kali = x * y
End Function
```

Sedangkan Pada Worksheet Excel ketikkan :



Setelah ditekan enter maka pada sel A3, akan terisi angka 120, yang merupakan hasil operasi fungsi **kali**.

Operasi bersyarat pada Macro Excel

Pada Operasi ini, maka digunakan keyword IF dan Select case :

1. If

```
If kondisi Then
    Operation_if_cond_true
[Else]
    Operation_if_cond_false
End If
```

Keterangan:

Kondisi = Kriteria yang syaratkan
Operation_if_cond_true = Operasi yang dilakukan jika syarat terpenuhi
Operation_if_cond_false = Operasi yang dilakukan jika syarat **tidak** terpenuhi

2. Select Case

untuk lebih jelas perhatikan contoh berikut :

```
Function cek(number)
Select Case number
Case 1 To 5
    cek = "Between 1 and 5"
Case 6, 7, 8
    cek = "Between 6 and 8"
Case 9 To 10
    cek = "Greater than 8"
Case Else
    cek = "Not between 1 and 10"
End Select
End Function
```

Operasi Looping pada Macro Excel

Ada 3 macam looping pada macro excel, yaitu :

1. For-Next

For var1 = awal To akhir [step] penambahan

Operasi

.....

Next

Keterangan :

Var1 = variabel yang digunakan sebagai perhitungan

Awal = nilai awal var1

Akhir = nilai akhir var1

Penambahan = penambahan nilai var1 setiap 1 kali looping

Operasi = operasi yang dijalankan dalam looping

2. While-Wend

While kondisi

Operasi

Wend

Keterangan :

kondisi = kondisi yang disyaratkan untuk melakukan looping, looping akan berjalan selama kondisi ini terpenuhi

Operasi = operasi yang dijalankan dalam looping

3. Do-Loop until

Do

Operasi

Loop Until kondisi

Keterangan :

Operasi = operasi yang dijalankan dalam looping

Kondisi = syarat pemberhentian looping

Contoh 12

Aplikasi Macro Excel untuk Menghitung OOIP

Diketahui:

Porositas = 25 %

Sw = 25 %

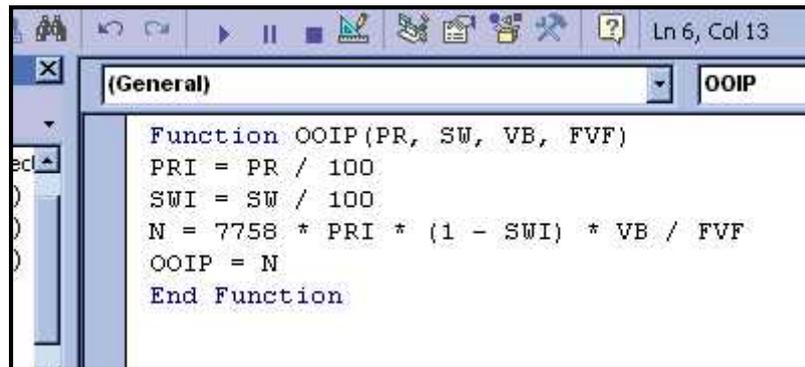
Vol. Bulk = 1000 acre-ft

Bo = 1.2

Buatlah fungsi Macro Excel untuk Menghitung OOIP

Penyelesaian

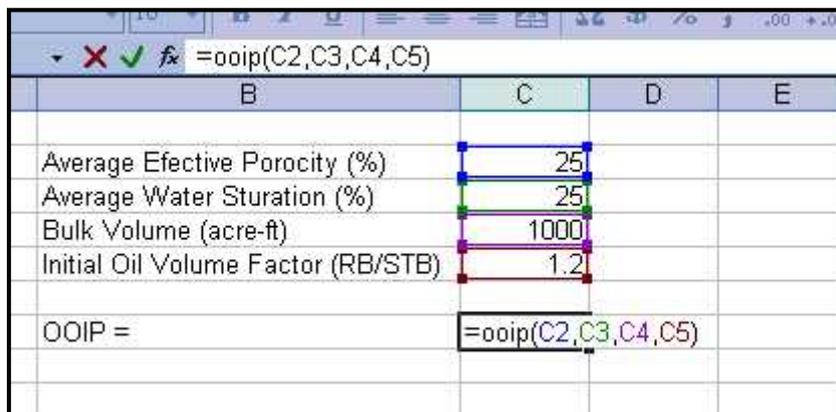
Pada Macro editor ketikkan



```

Function OOIP(PR, SW, VB, FVF)
PRI = PR / 100
SWI = SW / 100
N = 7758 * PRI * (1 - SWI) * VB / FVF
OOIP = N
End Function
    
```

Setelah selesai pembuatan Fungsi OOIP, di atas dicoba dipanggil dari Excel :



	B	C	D	E
Average Effective Porosity (%)		25		
Average Water Sturation (%)		25		
Bulk Volume (acre-ft)		1000		
Initial Oil Volume Factor (RB/STB)		1.2		
OOIP =		=ooip(C2,C3,C4,C5)		