

## ANALISA PRESSURE BUILD UP DAN INTERFERENCE TEST PADA SUMUR ALPHA DAN “BETA LAPANGAN X

Arya Bintang Graha, Mulia Ginting, Edward Tobing  
Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti

### Abstract

The main purpose of a hydrocarbon well test or pressure transient analysis is to determine the ability of a layer or the formation to produce. Transient pressure analysis is basically, to give balance pressure interference on the well tested. Result from this well testing is distinguishable become two functions, that is test to obtain reservoir character by executing pressure build-up test analysis and test to know communicating of flow unit by doing interference test with Stegmeier method.

Keywords: well test, pressure build up, interference test

### Pendahuluan

Ketika sumur telah selesai di bor, maka dilakukan suatu pengujian sumur hidrokarbon, atau yang kita kenal dengan sebutan “*Well Testing*”. Tujuan utama dari *well testing* adalah untuk menentukan kemampuan suatu lapisan atau formasi ketika diproduksi. Pada dasarnya, uji sumur menggunakan analisis *pressure build up* adalah dengan cara memproduksi sumur selama selang waktu tertentu dengan laju aliran yang tetap, kemudian menutup sumur tersebut. Uji *interference test* sumur dilakukan dengan metode *Stegmeier*. Tujuan dari analisis *interference test* ini adalah untuk melihat adanya komunikasi antar *flow unit* atau tidak.

### Rumusan Masalah

Lapangan “X” secara fisiografis terletak di kompleks area tektonik lengan timur Sulawesi, yang memanjang dengan arah barat-timur, meliputi sebagian daratan di Pulau Sulawesi dan daerah lepas pantai di kepulauan Banggai-Sula. Blok “Alpha” ini termasuk dalam bagian Cekungan Banggai yang termasuk “*transform rifted convergent basin*”. Untuk mengetahui karakteristik reservoir dari sumur gas “Alpha-7” dilakukan BHP survey dengan analisis uji *pressure build up* dengan menggunakan metode *type curve matching* dan *pressure derivative*. Dan juga dilakukan analisis deliverabilitas dengan menggunakan metode *modified isochronal test* untuk mengetahui kemampuan produksi sumur maksimum baik secara konvensional maupun secara LIT (*Laminar Inertia Turbulent*) guna membandingkan hasil yang didapat.

### Teori Dasar

#### Karakteristik Batuan Reservoir

Pada saat melakukan uji sumur (*well testing*) perlu mengetahui pentingnya karakteristik batuan reservoir seperti porositas, permeabilitas, saturasi fluida, dan kompresibilitas untuk dapat menganalisis sumur tersebut.

#### 1. Porositas

Porositas ( $\phi$ ) adalah perbandingan antara volume ruang pori-pori (*pore volume*) terhadap volume total batuan (*bulk volume*). Volume pori tersebut merupakan pori-pori yang saling berhubungan, tetapi dapat pula merupakan rongga yang saling terpisah atau tersekat. Besar kecilnya porositas suatu batuan akan menentukan kapasitas penyimpanan fluida di dalam reservoir.

## 2. Permeabilitas

Permeabilitas batuan ( $k$ ) adalah nilai yang menunjukkan kapasitas suatu batuan berpori mengalirkan fluida. Permeabilitas merupakan salah satu parameter reservoir yang menentukan besarnya kemampuan suatu reservoir untuk diproduksi.

## 3. Saturasi Fluida

Saturasi fluida adalah ukuran volume ruang pori (dalam persen atau fraksi) yang terisi fluida reservoir.

## 4. Kompresibilitas Batuan

Kompresibilitas batuan adalah ukuran perubahan volume suatu batuan akibat berubahnya tekanan yang dialami batuan tersebut..

## Karakteristik Fluida Reservoir

Sifat-sifat fisik minyak dalam pembahasan ini meliputi *specific gravity oil* ( $\gamma_o$ ), faktor volume formasi minyak ( $B_o$ ), kompresibilitas minyak ( $C_o$ ), dan viskositas minyak ( $\mu_o$ ).

### 1. *Specific Gravity Oil*

*Specific gravity oil* didefinisikan sebagai perbandingan dari suatu fluida (minyak) terhadap densitas air yang diukur pada kondisi tekanan atmosfer ( $60^\circ\text{F}$ ).

### 2. Faktor Volume Formasi Minyak

Faktor volume formasi minyak ( $B_o$ ) didefinisikan sebagai besarnya perbandingan volume minyak pada kondisi tekanan dan temperatur *reservoir* dengan volume gas pada kondisi standar ( $60^\circ\text{F}$ , 14.7 psia) atau volume yang ditempati di *reservoir* oleh satu *stocktank barrel*.

### 3. Kompresibilitas Minyak

Kompresibilitas minyak didefinisikan sebagai perubahan volume minyak yang disebabkan oleh adanya perubahan tekanan.

### 4. Viskositas Minyak

Viskositas minyak merupakan ukuran tahanan terhadap mengalirnya minyak.

## **Pressure Test**

*Pressure test* merupakan pengujian terhadap lapisan yang diduga produktif dengan cara memproduksi lapisan tersebut untuk suatu perioda waktu. *Pressure test* adalah menentukan kemampuan suatu formasi untuk menghasilkan fluida formasi atau dengan kata lain adalah menentukan produktivitas suatu sumur. Suatu perencanaan, pengoperasian, dan analisis *well testing* yang tepat dapat melengkapi informasi tentang permeabilitas formasi, derajat kerusakan sumur bor atau stimulasi, tekanan reservoir dan kemungkinan batas-batas reservoir serta heterogenitas formasi.

## **Pressure Build up Test**

*Pressure Build Up Test* adalah suatu teknik pengujian tekanan transient dengan cara memproduksi sumur dengan laju produksi konstan (flow period) selama waktu tertentu

kemudian sumur ditutup/*shut-in period* (biasanya dengan menutup kepala sumur di permukaan). Penutupan sumur ini menyebabkan naiknya tekanan yang dicatat sebagai fungsi waktu.

### Wellbore Storage

*Wellbore storage* adalah kejadian di sumur, tepatnya di dalam lubang sumur pada waktu dilakukan uji tekanan transient terutama *pressure build up test* (PBU test) dan *pressure draw down test* (PDD test). *Wellbore storage* terjadi karena pada pengujian PBU dan PDD saat penutupan atau pembukaan sumur dilakukan dengan membuka dan menutup *valve* yang terletak pada *christmas-tree*. Sumur yang dalam keadaan mengalir (berproduksi) kemudian katup di tutup maka  $Q$  (laju aliran fluida) akan langsung berhenti (berharga 0), sedangkan aliran dari dalam *reservoir* ke dasar sumur ( $q_r$ ) tidak langsung berhenti melainkan masih mengalir beberapa saat dengan laju alir yang semakin mengecil, mengisi lubang sumur. Kejadian inilah yang disebut dengan *wellbore storage* atau *after flow effect*. Demikian pula sebaliknya bila sumur dari keadaan di tutup kemudian *valve* dibuka maka sumur akan berproduksi sebesar  $Q$  yang fluidanya mula-mula berasal dari lubang sumur, sementara dari reservoir ke dasar sumur masih belum terjadi aliran ( $q_r=0$ ).

Dengan bertambahnya waktu aliran dengan tekanan di permukaan tetap, maka laju aliran di dasar sumur akan berangsur-angsur sama dengan laju aliran di permukaan dan banyaknya fluida yang tersimpan di dalam lubang sumur akan mencapai harga yang tetap. Hal ini menunjukkan bahwa gejala *wellbore storage* telah berakhir. Keadaan ini yang menyebabkan keterlambatan kenaikan tekanan *build up* pada daerah waktu awal (*early time*).

### Faktor Skin

Faktor skin di definisikan sebagai suatu rintangan yang ada di sekeliling lubang sumur dan menghalangi aliran fluida ke lubang sumur. Harganya dapat ditentukan dalam analisis transien. Secara kuantitatif harga skin yang didapat dari persamaan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

Skin ( $S$ )  $>0$  : menunjukkan adanya kerusakan formasi di sekitar lubang sumur.

Skin ( $S$ )  $=0$ : menunjukkan adanya kerusakan formasi di sekitar lubang sumur.

Skin ( $S$ )  $<0$ : menunjukkan adanya perbaikan formasi di sekitar lubang sumur.

### Boundary Reservoir

Reservoir tidak selalu *infinite acting* (tidak terbatas), tetapi pada beberapa kasus efek dari batas reservoir akan terasa ketika sumur diuji. Jika patahan itu berada di dekat lokasi sumur yang dilakukan pengujian, maka mungkin akan mempengaruhi rekaman sumur saat dilakukan pengujian *build up*. Model batas (*boundary*) reservoir terbagi menjadi dua macam, diantaranya :

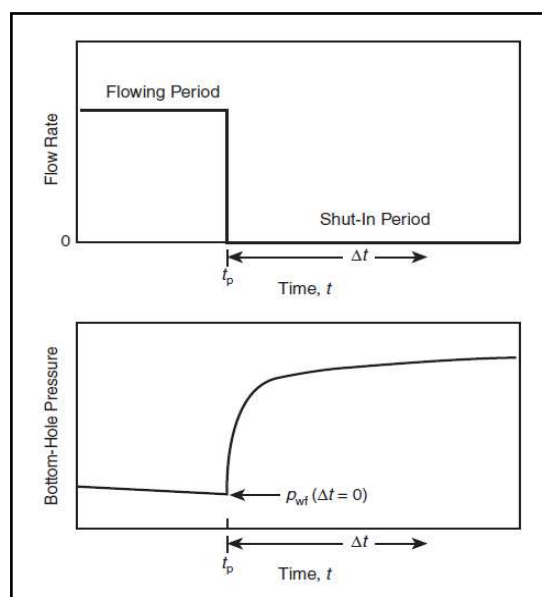
- *Infinite*  
Batas reservoir yang *infinite* diasumsikan bahwa luas reservoir dianggap tidak terhingga.
- *Fault*  
. Karena reservoir tidak selalu *infinite acting* (tidak terbatas), tetapi pada beberapa kasus efek dari batas reservoir akan terasa ketika sumur diuji

### Uji Pressure Build Up

Uji *Pressure Build Up* adalah suatu teknik pengujian tekanan transient dengan cara memproduksi sumur dengan laju produksi konstan (flow period) selama waktu tertentu kemudian sumur ditutup/*shut-in period* (biasanya dengan menutup kepala sumur di permukaan). Penutupan sumur ini menyebabkan naiknya tekanan yang dicatat sebagai fungsi waktu. Tetapi dalam kenyataannya, untuk menjadikan produksi konstan adalah tidak mungkin dilaksanakan. Untuk mengatasi keadaan ini pada teknik analisis bentuk PBU digunakan prinsip Superposisi.

Prinsip dasar pengujian ini adalah dengan memberikan gangguan keseimbangan tekanan terhadap sumur yang diuji. Dengan adanya gangguan, impuls perubahan tekanan (*pressure transient*) akan disebar keseluruh reservoir dan ini dapat diamati dengan cara merekam tekanan lubang bor pada saat pengujian berlangsung. Perubahan tekanan di plot terhadap fungsi waktu dan dianalisis pola aliran yang terjadi. Pada pengujian ini sumur yang sedang mengalir (idealnya pada tekanan tetap) kemudian ditutup.

Berikut ini gambar pengujian sumur dengan *Pressure Build Up*.



Gambar 1 Uji *Pressure Build Up* Ideal<sup>1</sup>

### Uji Interference Test

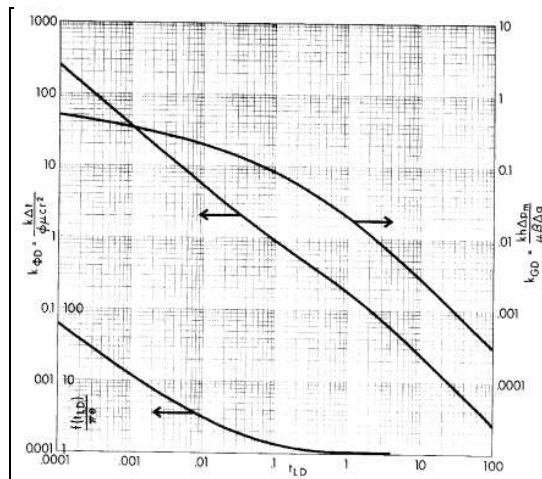
#### ▪ Stegmeier Method

Tes ini di golongan sebagai *multiwell test method*, karena diperlukan sedikitnya 2 buah sumur yang berfungsi sebagai *producer* dan *observer*. *Producer* bertugas sebagai pengirim sinyal ke reservoir melalui perubahan rate produksi yang dilakukan sedemikian rupa, dan *observer* bertugas sebagai penerima dan pencatat respon BHP.

Untuk *interference test* respon tekanan pada sumur observasi dapat dilihat pada saat sumur memproduksi atau ditutup pada jangka waktu tertentu. Jika interferensi telah mencapai sumur observasi, perubahan tekanan dapat dianalisa menggunakan skala log-log dan diplot secara khusus. Amplitudo tekanan pada *multiple well testing* seperti *interference test* atau *pulse test* biasanya sangat kecil dan kurang dari 10 psi dan kadang-kadang kurang dari 1 psi, tetapi lama test dapat mencapai dua sampai tiga bulan.

Pada pengerjaan penelitian ini metode analisa *interference test* adalah metode Stegmeier. Langkah- langkah pengerjaan untuk metode Stegmeier dijelaskan sebagai berikut:

1. Tentukan nilai time lag dengan melihat keterlambatan respon tekanan pada saat fluida diinjeksikan
2. Hitung nilai TLD dengan menggunakan rumus  $Tld = \frac{tl}{\Delta t}$ , dimana *tl* adalah *time lag* dan  $\Delta t$  adalah waktu injeksi pada satu *sequence*
3. Setelah didapatkan nilai Tld maka dapat diplot terhadap grafik dibawah untuk mendapatkan nilai  $K_{GD}$  dan  $K_{\emptyset D}$



Gambar 2 Kurva Plot Permeabilitas Berarah dan Permeabilitas Geometri

4. Gunakan nilai  $K_{GD}$  dan  $K_{\emptyset D}$  untuk mendapatkan nilai permeabilitas dan transmisibilitas dengan menggunakan rumus

$$K_{\emptyset d} = \frac{K \times \Delta t}{\emptyset \times \mu \times c \times r^2}$$

## Metode Penelitian

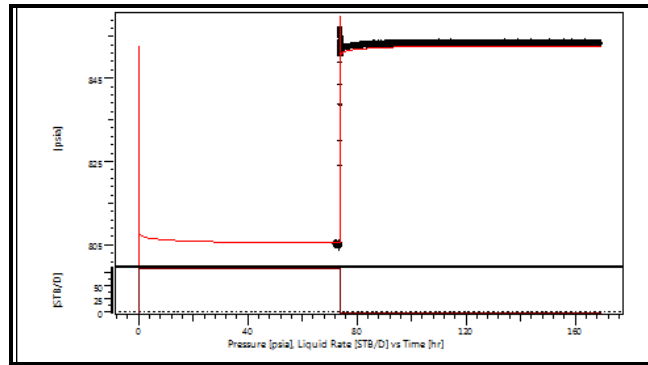
Penelitian ini membahas mengenai analisis *pressure build up* untuk mengetahui karakteristik reservoir dari sumur Alpha dan Beta serta dilakukan analisa *interference test* untuk mengetahui adanya komunikasi pada flow unit yang diuji. Analisis *pressure build up* ini dilakukan berdasarkan “*Oil Well Testing Handbook*” dengan menggunakan data-data reservoir yang berkaitan dengan waktu, tekanan, dan hasil produksi gas selama analisis ini dilakukan. Pada analisis *pressure build up* pada sumur Alpha dan Beta menggunakan metode *type curve matching* dan *pressure derivative*. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software Ecrin v4.10*. Hasil dari analisis ini akan menghasilkan karakteristik reservoir, seperti tekanan reservoir awal, permeabilitas, skin faktor (kerusakan atau perbaikan formasi), batas reservoir (*boundary*), radius investigasi (*Ri*), rasio mobilitas (*M*), rasio diffusivitas (*D*), dan AOFD dari kedua sumur tersebut.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis tekanan Sumur Alpha

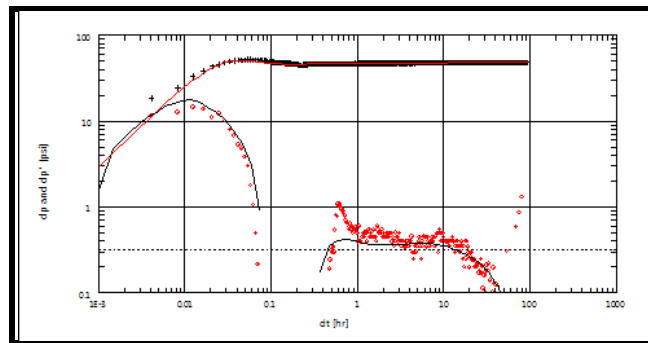
#### 1. Pressure Build up Test

Hasil interpretasi dari analisis PBU yang dilakukan pada Sumur Alpha dapat dilihat pada gambar dibawah, berikut ini:



Gambar3 *History Plot* Sumur “Alpha”

Kemudian, pada sumur “Alpha-7” dilakukan analisis dengan menggunakan metode *pressure derivative*. Berikut inimerupakan gambar hasil *pressure derivative* yang di dapat pada *software* Ecrin.



Gambar 4 *Type Curve Matching Pressure Derivative* Pada Sumur “Alpha”

Tabel 1 Hasil Interpretasi Model

<b><i>Selected Model</i></b>	<b><i>Result</i></b>
<i>Model Option</i>	<i>Standard Model</i>
<i>Wellbore Model</i>	<i>Changing Wellbore Storage</i>
<i>Well Model</i>	<i>Vertical</i>
<i>Reservoir Model</i>	<i>Two Porosity PSS</i>
<i>Boundary Model</i>	<i>Rectangle</i>

Tabel 2 Hasil Analisis Type Curve Derivative

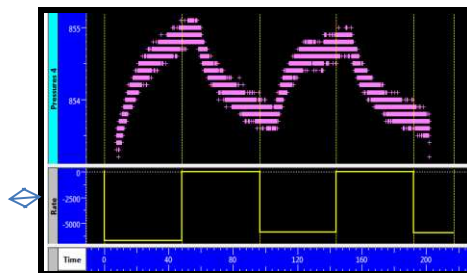
Parameter Model Utama	Nilai
$C, \text{ bbl/psi}$	1.74E-5
$Skin$	45.7
$k.h, \text{ mD.ft}$	14500
$k, \text{ mD}$	310

Tabel 3 (Lanjutan)

Parameter Reservoir dan Batas Reservoir	Nilai
$P_i, \text{ psi}$	2743.35
$R_e, \text{ ft}$	801
$\lambda$	1.86E-6
$\omega$	0.155

## 2. Interference Test

Analisa Interference test dengan metoda Stegmeier bertujuan untuk mendapatkan nilai transmisibilitas dari sumur. Caranya adalah dengan menplot nilai TLD (*total lag time*) menggunakan grafik untuk mendapatkan nilai Permeabilitas berarah ( $K_{\theta d}$ ) dan Permeabilitas Geometri ( $K_{gd}$ ). Dari kedua besaran permeabilitas tersebut maka dapat diperkirakan nilai transmisibilitas dan storativitas dari sumur tersebut. Dibawah ini adalah grafik interference test dari sumur Alpha.



Gambar 4 Grafik Interference Test Sumur Alpha

### 1. Data untuk *Interference Test*

Diketahui data untuk Interference Test pada Sumur Alpha adalah data rate injeksi, banyaknya injeksi, waktu setiap injeksi dan nilai time lag ( $tl$ )

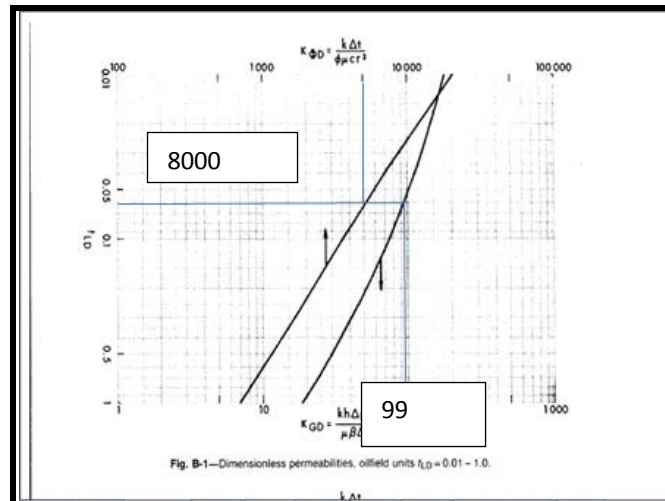
### 2. Mencari nilai TLD

Dari hasil pembacaan grafik tes interferensi didapat nilai time lag ( $tl$ ) adalah 0.35 jam. Sedangkan waktu injeksi air di sequence pertama ( $\Delta t$ ) adalah 48.25. TLD dapat dihitung dengan rumus berikut

$$\begin{aligned} \text{TLD} &= \frac{tl}{\Delta t} \\ &= \frac{0.35}{48.25} \text{jam} = 0.00725 \end{aligned}$$

### 3. Membaca nilai $K_{\phi d}$ dan $K_{gd}$

Setelah mendapat nilai *Time Lag Disturbance* (TLD) maka dapat diplot secara horizontal terhadap grafik Stegmeier untuk mendapat nilai  $K_{\phi d}$  dan  $K_{gd}$ .



Gambar 5 Plot Grafik Permeabilitas Berarah dan Geometri Sumur Alpha

Dari hasil plot didapatkan nilai dari masing- masing parameter permeabilitas sebagai berikut :

$$K_{\phi d} = 8000 \text{ md}$$

$$K_{gd} = 99 \text{ md}$$

### 4. Mencari Nilai K

$$\begin{aligned} K_{\phi d} &= \frac{K \times \Delta t}{\phi \times \mu \times c \times r^2} \\ K &= \frac{K_{\phi d} \times \phi \times \mu \times c \times r^2}{\Delta t} \\ &= \frac{8000 \times 0.18 \times 0.85 \times 8.3 \times 10^{-6} \times 1413^2}{72} \\ &= 281 \text{ md} \end{aligned}$$

### 5. Mencari Nilai *Transmissibility*

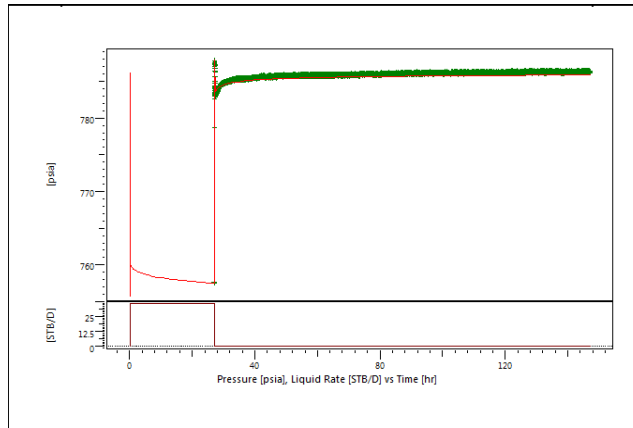
$$\begin{aligned} \text{Transmissibility} &= \frac{K \times h}{\mu} \\ &= \frac{281 \times 46.84}{0.85} \\ &= 17184 \end{aligned}$$

## Analisis Tekanan Sumur Beta

### 1. Pressure Build up Test

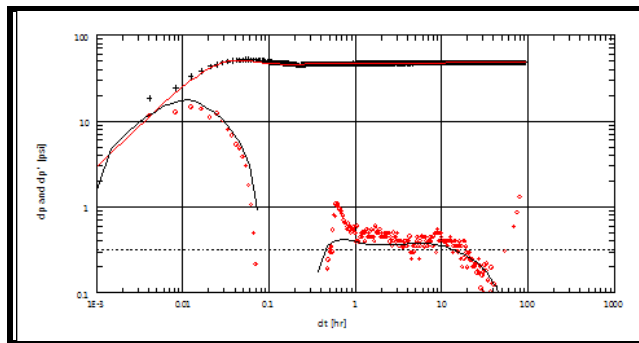
Hasil interpretasi dari analisis PBU yang dilakukan pada Sumur Alpha dapat dilihat pada gambar dibawah, berikut ini:





Gambar4 History Plot Sumur Beta

Kemudian, pada sumur Beta dilakukan analisis dengan menggunakan metode *pressure derivative*. Berikut inimerupakan gambar hasil *pressure derivative* yang di dapat pada software Ecrin.



Gambar 5 Type Curve Matching Pressure Derivative Pada Sumur Beta

Tabel 4 Hasil Interpretasi Model

<b>Selected Model</b>	<b>Result</b>
<i>Model Option</i>	<i>Standard Model</i>
<i>Wellbore Model</i>	<i>Changing Wellbore Storage</i>
<i>Well Model</i>	<i>Vertical</i>
<i>Reservoir Model</i>	<i>Two Porosity PSS</i>
<i>Boundary Model</i>	<i>Rectangle</i>

Tabel 5 Hasil Analisis Type Curve Derivative

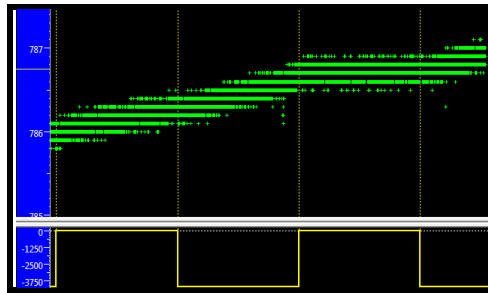
<b>Parameter Model Utama</b>	<b>Nilai</b>
<i>C, bbl/psi</i>	1.74E-5
<i>Skin</i>	45.7
<i>k.h, mD.ft</i>	14500
<i>k, mD</i>	310

Tabel 6 (Lanjutan)

Parameter Reservoir dan Batas Reservoir	Nilai
$P_i$ , psi	2743.35
$R_e$ , ft	801
$\lambda$	1.86E-6
$\omega$	0.155

## 2. Interference Test

Dibawah ini adalah grafik interference test dari sumur Beta



Gambar 6 Grafik Interference Test Sumur Beta

### 1. Data untuk *Interference Test*

Diketahui data untuk Interference Test pada Sumur Alpha adalah data rate injeksi, banyaknya injeksi, waktu setiap injeksi dan nilai time lag ( $tl$ )

### 2. Mencari nilai TLD

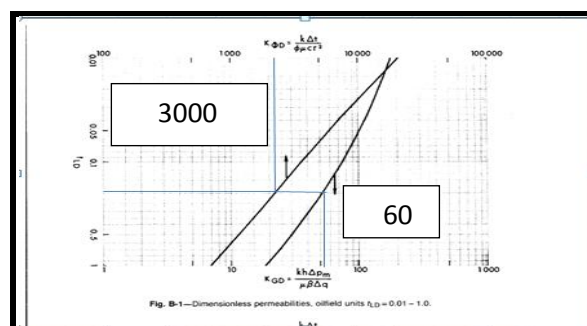
Dari hasil pembacaan grafik tes interferensi didapat nilai time lag ( $tl$ ) adalah 28.35 jam. Sedangkan waktu injeksi air di sequence kelima ( $\Delta t$ ) adalah 72 jam. TLD dapat dihitung dengan rumus berikut

$$Tld = \frac{tl}{\Delta t}$$

$$= \frac{28.35}{72} \text{jam} = 0.394$$

### 3. Membaca nilai $K\phi d$ dan $Kgd$

Setelah mendapat nilai *Time Lag Disturbance* (Tld) maka dapat diplot terhadap grafik Stegmeier untuk mendapat nilai  $K\phi d$  dan  $Kgd$ .



Gambar 7 Plot Grafik Permeabilitas Berarah dan Geometri Sumur Beta

**Dari** hasil plot didapatkan nilai dari masing- masing parameter permeabilitas sebagai berikut :

$$K_{\phi d} = 3000 \text{ md}$$

$$K_{gd} = 60 \text{ md}$$

#### 4. Mencari Nilai K

$$K_{\phi d} = \frac{K \times \Delta t}{\phi \times \mu \times c \times r^2}$$

$$K = \frac{K_{\phi d} \times \phi \times \mu \times c \times r^2}{\Delta t}$$

$$= \frac{3000 \times 0.2 \times 0.85 \times 8.3 \times 10^{-6} \times 879^2}{72}$$

$$= 141 \text{ md}$$

#### 5. Mencari Nilai *Transmissibility*

$$\text{Transmissibility} = \frac{K \times h}{\mu}$$

$$= \frac{111 \times 46.84}{0.85}$$

$$= 6116$$

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penulisan Penelitian mengenai analisis *pressure build up* dan uji deliverabilitas pada lapangan "Alpha" dengan perangkat lunak Ecrin adalah sebagai berikut :

1. Terdapat komunikasi pada flow unit yang diuji yaitu flow unit 1 (tempat sumur observer) dan flow unit 2 ( tempat sumur injektor)
2. Hasil pembacaan Gamma Ray Log yang memperlihatkan adanya barrier (penghalang) antar flow unit tidak berpengaruh terhadap aliran fluida injeksi
3. Permeabilitas reservoir didapat sebesar 300 md untuk sumur Alpha dan 250 md untuk sumur Beta
4. Skin reservoir didapat sebesar 45 untuk sumur Alpha dan 31 untuk sumur Beta
5. Dari hasil analisa software Saphir didapat *boundaries reservoir* adalah rectangle dengan tipe well adalah limited entry

### Daftar Pustaka

- Ahmed, T.H. and McKinney, P.D., "Advanced Reservoir Engineering Handbook", Oxford, USA, 2005.
- Ahmed, Tarek, "Hydrocarbon Phase Behavior", Volume 7, Gulf Professional Publishing, Texas, 1989.
- Bourdet, Dominique, "Well Test Analysis : The Use of Advanced Interpretation Models", Handbook of Petroleum Exploration and Production 3, Elsevier Science B.V., Netherlands, 2002.
- Chaudhry, Amanat U., "Gas Well Testing Handbook", Gulf Professional Publishing, Texas, 2003.
- Ikoku, Chi U., "Natural Gas Production Engineering", The Pennsylvania State University, John Wiley & Sons Inc., United States of America, 1984.

“Natural Gas Reservoir Engineering”, The Pennsylvania State University, John Wiley & Sons Inc., United States of America, 1984.

Lee, John, “Well Testing”, First Printing, Society of Petroleum Engineering of AIME, New York, 1967.

Tobing, Edward, “Diktat Kuliah Analisis Hasil Uji Sumur”, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia.

Pramudyo, Andri., “Hasil BHP Survey#1 TRS-5”, Dalam Laporan Well Report TRS-5 Test#1 dan PPPTMGB LEMIGAS,2014.(tidak dipublikasi)

Pramudyo, Andri., “Hasil BHP Survey#1 TRS-8”, Dalam Laporan Well Report TRS-8 Test#1 dan PPPTMGB LEMIGAS,2014. (tidak dipublikasi)

Said, Lestari, “Kimia Fisika Hidrokarbon”, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia.

Setiati, Rini, “Metode Penulisan Ilmiah Panduan Dan Format Baku”, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 2011.

“Introduction to Well Testing”, Schlumberger.