

Well Test and Short Term Multiple Rate Flow Tests Analyses to Successfully Hydraulic Fracturing Program of Block X

(Analisa Hasil Uji Sumur Dan Short Term Multiple Rate Flow Tests untuk Keberhasilan Program Hydraulic Fracturing Blok X)

Muhammad Dimas Adiguna, Fathaddin, M.T., dan R.S Trijana Kartoatmodjo

Master Program of Petroleum Engineering, Universitas Trisakti, Jakarta 11440

Abstract

Well test analysis was conducted to determine the characteristics of reservoir rocks. From the well test analysis it is obtained information such as permeability and skin factor. The skin factor is a quantity indicating the presence of disturbance in the formation as a result of drilling operations, production operations, perforating casing, gravel pack installation, remedial well work, acidizing operation, and hydraulic fracture operation. The objective of this research is to determine the relationship of multi rate test method of Jones, Blount, and Glaze and the comparison result among pressure buildup test and pressure drawdown test analyses, using Kappa software or manually calculation. Therefore, in this paper will study the method of Jones, Blount, and Glaze and the well test analyses to determine further work of the wells on block X. The data used in this paper is secondary data, namely the results of well test from three wells. Applying drawdown test analysis of A, Y, and Z wells yield skin factor values of 3.37; 27.10; and -1.39. Where in buildup pressure Horner method analysis of A, Y, and Z wells yield skin factor values of 16.10; 11.18; and -2.07. In the method of type curve derivatives the drawdown analysis of A, Y, and Z wells yield skin factor values of 7.04; 11.18; and 4.20. The analysis of pressure buildup, of A, Y, and Z wells yield skin factor value of 25.11; 14.47; and 1.93. In the analysis using Kappa software of A, Y, and Z wells yield skin factor values of 5.56; 10.2; and 2.00. The skin results of these wells indicate the formation damages. The Short Term Multiple Rate Flow Tests analysis using Jones, Blount, and Glaze method from the plots of $\Delta p/q$ versus oil flow rate (q) are b' high and b'/b low. These indicate that the three wells are encountering formation damages. The Jones, Blount, and Glaze method as well as the pressure buildup and pressure drawdown test analyses in block X indicate that these wells require to be stimulated.

Keywords: Multi rate, Jones, Blount, and Glaze, pressure buildup test, pressure drawdown test, and skin

Sari

Analisa *well test* dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan reservoir, pada setiap uji *well test* didapatkan informasi seperti permeabilitas dan faktor *skin*. Faktor *skin* adalah suatu besaran yang menunjukkan terdapatnya gangguan pada formasi sebagai akibat dari operasi pemboran, operasi produksi, pelubangan casing, pemasangan *gravel pack*, pekerjaan *remedial* sumur, operasi pengasaman, ataupun operasi perekahan *hydraulic*. Objektif dari penelitian ini adalah untuk menentukan hubungan *multi rate test* metode Jones, Blount, dan Glaze dan hasil perbandingan antara analisa *pressure buildup test* dan *drawdown test*, dengan menggunakan *software* Kappa dan perhitungan *manual*. Evaluasi dilakukan untuk menentukan pekerjaan lanjut atas sumur pada blok X. Data yang digunakan pada penulisan ini yaitu data sekunder, berupa hasil data *well test* tiga sumur. Pada analisa *drawdown test* di sumur A, sumur Y, dan Sumur Z menghasilkan nilai *skin factor* berturut-turut sebesar 3.37; 27.10; dan -1.39. sedangkan analisa metode *Horner* untuk *pressure buildup* sumur A, sumur Y, dan sumur Z menghasilkan nilai *factor skin* berturut-turut sebesar 16.10; 11.18; dan -2.07. Pada metode *type curve derivatives* analisa *drawdown test* sumur A, sumur Y, dan sumur Z memperoleh nilai *factor skin* berturut-turut sebesar 7.04; 11.18; dan 4.20. Analisa *pressure buildup* pada sumur A, sumur Y, dan sumur Z memperoleh nilai *factor skin* berturut-turut sebesar 25.11; 14.47; dan 1.93. Bila analisa menggunakan *software* sumur A, sumur Y, dan sumur Z menunjukkan *skin factor* berturut-turut sebesar 5.56; 10.2; dan 2.00. Hasil *skin factor* menunjukkan bahwa ketiganya tersebut mengalami kerusakan pada formasi. Berdasarkan *Short Term Multiple Rate Flow Tests* metode Jones, Blount dan Glaze didapatkan hasil plot antara $\Delta p/q$ terhadap laju alir minyak (q) yaitu b' tinggi dan b'/b rendah sehingga sumur tersebut mengalami kerusakan. Metode Jones, Blount, dan Glaze maupun analisa *pressure buildup* dan *pressure drawdown test* pada blok X ini menunjukkan bahwa pada ketiga sumur perlu dilakukan stimulasi.

Keyword: *Multi rate*, Jones, Blount, dan Glaze, *pressure buildup test*, *pressure drawdown test*, dan *skin*

* Muhammad Dimas Adiguna (*corresponding author*):
E-mail: adiguna_dimas@yahoo.com
Telp : +62-81310627834

I. PENDAHULUAN

Reservoir hidrokarbon diproduksi dengan bertambahnya waktu maka produksinya akan mengalami penurunan. Penurunan produksi tersebut disebabkan karena adanya kerusakan formasi yang dinyatakan dalam *skin factor* yang positif. Kerusakan formasi adalah rusaknya produktivitas formasi sumur akibat tersumbatnya pori dekat lubang bor atau rekahan-rekahan yang berhubungan langsung dengan lubang bor. Produktivitas formasi adalah kemampuan suatu reservoir untuk mengalirkan fluida dari formasi ke dalam sumur.

Untuk mendeteksi masalah tersebut, salah satu teknologi yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian sumur atau *well test*. Prinsip pengujian sumur adalah dengan memberikan gangguan kesetimbangan tekanan terhadap sumur yang akan diuji dan usaha ini dilakukan dengan menutup sumur pada waktu tertentu atau dengan memproduksi sumur dengan laju alir yang tetap.

Permasalahan dalam evaluasi ini yaitu untuk mengetahui apakah sumur yang diproduksi sudah optimal atau belum laju produksinya, untuk mengetahui hal tersebut dapat dilakukan melalui evaluasi dari hasil *well test* sumur tersebut yang dalam hal ini menggunakan *pressure buildup test*, *drawdown test* dan *Short Term Multiple Rate Flow Tests* metode Jones, Blount, dan Glaze.

II. METODE

Dalam bagian dipaparkan beberapa metode analisis yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Pressure Buildup Test

Pressure Buildup Test adalah suatu teknik pengujian transien tekanan yang paling dikenal dan banyak dilakukan orang. Pada dasarnya, pengujian dilakukan pertama-tama dengan memproduksi sumur suatu selang waktu tertentu dengan laju aliran yang tetap, kemudian menutup sumur tersebut. Penutupan sumur ini menyebabkan naiknya tekanan yang dicatat sebagai fungsi waktu. Dari data yang didapat, kemudian dapat ditentukan permeabilitas formasi, radius investigasi saat itu, adanya kerusakan atau perbaikan formasi, batas reservoir, bahkan keheterogenan suatu formasi.

2.2 Pressure Drawdown Test

Pressure drawdown testing adalah suatu pengujian yang dilaksanakan dengan jalan membuka sumur dan mempertahankan laju produksi tetap selama pengujian berlangsung. Sebagai syarat awal, sebelum

pembukaan sumur tersebut, tekanan hendaknya seragam diseluruh reservoir yaitu dengan menutup sumur sementara waktu agar tercapai keseragaman tekanan direservoir.

Mengingat hal tersebut diatas, waktu yang paling ideal untuk melakukan *pressure drawdown test* adalah pada saat-saat pertama suatu sumur akan diproduksi. Namun tentu saja dasarnya, pengujian ini dapat dilakukan pada:

- Sumur baru
- Sumur lama yang telah ditutup cukup lama hingga dicapai keseragaman tekanan reservoir
- Apabila direncanakan dengan benar, perolehan dari pengujian ini mencakup banyak informasi yang berharga seperti permeabilitas formasi, *skin factor*, dan volume pori yang berisi fluida.
- Apabila suatu sumur diproduksi dengan laju alir yang tetap, tiga rejim aliran akan terjadi yaitu : periode *transient*, periode *late transient*, dan *pseudo steady state (PSS)* .

2.3 Type Curve Derivatives

Type curve derivatives diperkenalkan oleh Bourdet dkk. (2) pada tahun 1983, dimana sumbu ordinat merupakan logaritma fungsi turunan pertama (*first derivative*) dari tekanan tak berdimensi, P_D , versus axis yaitu $\log(t_D/c_D)$. Karena fungsi turunan atau derivatif akan memperlihatkan perubahan pada bentuk kurva akibat karakteristik perubahan tekanan (akibat sifat aliran), sehingga lebih peka dan lebih akurat untuk dianalisis

2.4 Metode Jones, Blount, dan Glaze

Analisa metode *Short Term Multiple Rate Flow Tests* oleh Jones, Blount, dan Glaze (4) menghasilkan efek aliran turbulen atau efek Darcy pada efisiensi kompleksi dan efek *skin factor* dan aliran laminar. Metode ini mengevaluasi aliran laminar yaitu koefisien A, dan bila harga kh diketahui, penentuan efek *skin factor* dapat dianalisa. Data yang dipakai ialah data yang stabil pada saat *test* dilakukan pada periode *transient*. Efisiensi kompleksi juga dapat ditentukan menggunakan metode Jones, Blount, dan Glaze. Mereka berpendapat bahwa metode tersebut dapat menghitung estimasi *inflow performance relationship* dari interval perforasi sumur dan menganalisa efek aliran turbulen

III. PERSAMAAN MATEMATIKA

Berikut ini adalah rumus untuk menentukan permeabilitas pada analisa *pressure buildup test* dan *pressure drawdown test*:

$$k = \frac{162.6 \times q_o \times \mu_o \times B_o}{m \times h} \quad (1)$$

Skin factor untuk *pressure buildup test* ditentukan menurut persamaan (2):

$$s = 1.151 \left[\frac{p_{1hr} - p_{wf}}{|m|} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_w^2} \right) + 3.23 \right] \quad (2)$$

Dimana, p_{1hr} adalah tekanan pada saat $\Delta t = 1$ jam. *Skin factor* untuk *pressure drawdown test* ditentukan menurut persamaan (3):

$$s = 1.151 \left[\frac{p_i - p_{1hr}}{|m|} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_w^2} \right) + 3.23 \right] \quad (3)$$

Persamaan untuk menentukan permeabilitas dan *skin factor* pada *type curve* diberikan dalam persamaan (4) dan (6).

$$k = \frac{141.2 q B \mu \left(\frac{p_D}{\Delta p} \right)_{M.P.}}{h} \quad (4)$$

$$c_D = \frac{0.0002637 k \left(\frac{t_{eq}}{t_D / C_D} \right)_{M.P.}}{\phi \mu c_t r_w^2} \quad (5)$$

$$s = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{c_D e^{2s}}{c_D} \right) \quad (6)$$

Perhitungan menggunakan metode Jones, Blount, dan Glaze menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\Delta p}{q_o} = \frac{p_r - p_{wf}}{q_o} = A + B q_o \quad (7)$$

dimana

$$A = \frac{\mu_o B_o}{0.00708 k_o h} \left(\ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{3}{4} + s \right)$$

dan

$$B = \frac{9.08 \times 10^{-13} \beta B_o^2 \gamma_o}{4 \pi^2 h^2 r_w}$$

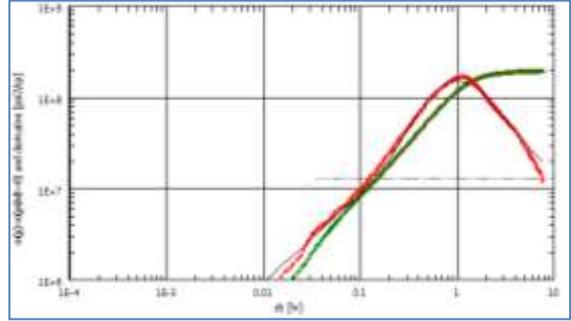
Berdasarkan persamaan (7) serta beberapa data produksi dan p_{wf} , maka $q_{o max}$ ditentukan dari persamaan di bawah ini.

$$q_{o max} = \frac{-A + \sqrt{A^2 - 4B p_r^2}}{2B} \quad (8)$$

IV. ANALISIS DATA

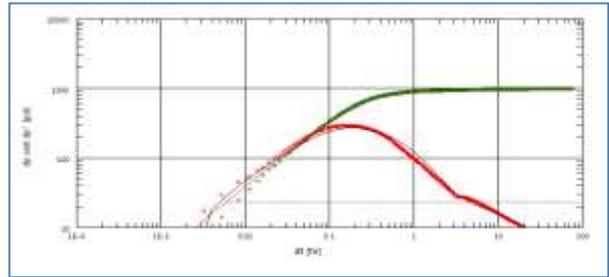
Analisa *well test* dengan tiga sumur menggunakan dua metode yaitu analisa *pressure*

buildup test dan analisa *drawdown test* secara manual dan menggunakan *software*. Berikut ini merupakan hasil analisa *type curve* sumur A:



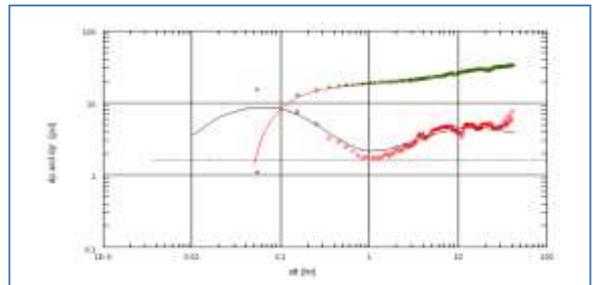
Gambar 1. Type Curve Derivatives Sumur A.

Berdasarkan hasil analisa diatas, reservoir model tersebut *homogenous, initial pressure* tersebut sebesar 1591.32 psia, dan *skin factor* sebesar 5.56. Pada waktu awal respon akan didominasi oleh *wellbore storage*, dan efek dari *wellbore storage* akan terbentuk konstan berdasarkan waktu.



Gambar 2. Type Curve Derivatives Sumur Y

Berdasarkan gambar di atas, hasil analisa *pressure build up test* pada sumur Y, didapatkan hasil antara lain: model reservoir pada sumur ini yaitu *two porosity PSS*, tekanan reservoir sebesar 1137.85 psia, *skin factor* sebesar 10.2 dan permeabilitas 100.2 md. Pada awal, model reservoir ini mulai terbentuk *boundary effect*. Pada waktu akhir model reservoir ini akan mencapai batas tekanan yang dibentuk dan kurva tekanan pada reservoir akan turun.



Gambar 3. Type Curve Derivatives Sumur Z

Berdasarkan hasil analisa *type curve derivatives* sumur Z, model reservoir pada sumur ini adalah *radial composite*. Sedangkan *skin factor* sebesar 2 dan permeabilitas sumur ini sebesar 2150 md. Pada

time early regime, boundary mulai terlihat; hal ini adalah respon dari *infinite*, pada akhir waktu, model reservoir mendeteksi terdapatnya patahan (*fault*).

Tabel 1. Hasil Analisis *Type Curve* Blok X

Sumur	<i>Skin</i>	k, mD
A	5,56	0,0405
Y	10,20	100,20
Z	2,00	2150,00

Berdasarkan tabel di atas, terlihat harga *skin factor* pada masing-masing sumur pada Blok X adalah positif hal ini menunjukkan terjadi kerusakan formasi (*formation damage*) Analisa kedua pada penelitian ini yaitu *buildup test* dengan metode Horner dan metode *type curve derivative*.

Tabel 2. Hasil *Buildup Test* Blok X

Sumur	Metode Horner		<i>Type Curve</i>	
	<i>skin</i>	k, mD	<i>skin</i>	k, mD
A	16,1	0,001	25,11	0,0013
Y	11,18	94,68	14,47	112,03
Z	-2,07	1931,12	1,93	2524,71

Berdasarkan tabel di atas, terlihat semua sumur pada pada Blok X menunjukkan nilai *skin* yang positif hal ini menunjukkan terjadi kerusakan formasi (*formation damage*). Analisa ketiga yaitu analisa *drawdown test* dan dengan menggunakan metode *type curve derivative*.

Tabel 3. Hasil *Drawdown Test* Blok X

Sumur	Semilog plot		<i>Type Curve</i>	
	k, mD	<i>Skin</i>	k, mD	<i>Skin</i>
A	0.0002	3.38	0.0003	7.04
Y	164.73	27.11	78.42	11.19
Z	2247.22	-1.39	5890.99	4.21

Berdasarkan hasil *drawdown test* menunjukkan bahwa sumur sumur tersebut menunjukkan *skin factor* yang positif, hal ini menunjukkan terjadi kerusakan formasi (*formation damage*).

Analisa *pressure buildup test, drawdown test*, dan *software Kappa* menunjukkan bahwa ketiga sumur tersebut mengalami kerusakan formasi sehingga perlu dilakukan stimulasi ataupun *hydraulic*

fracturing.

Analisa *Short Term Multiple Rate Flow Tests* metode Jones, Blount, dan Glaze dilakukan untuk memperkuat hasil analisa *well test*.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Short Term Multiple Rate Flow Tests* Blok X

Sumur	b'	b'/b
A	13,482	1,506
Y	18,657	1,36
Z	2,24	1,203

Berdasarkan tabel di atas, maka diperoleh hasil plot $\Delta p/q$ vs q metode Jones, Blount, dan Glaze pada masing-masing sumur yaitu b' tinggi dan b'/b rendah, sehingga sumur pada Blok X perlu dilakukan pengerjaan lebih lanjut.

Tabel 5. Hasil $\Delta p/q$ dan *skin factor* Blok X

Sumur	$\Delta p/q$, (psi/bopd)	<i>skin</i>
A	8,95	5,56
Y	13,72	10,20
Z	1,86	2,00

Analisa tersebut menunjukkan harga titik potong pada sumbu y ($\Delta p/q$) berbanding lurus dengan perkiraan *skin factor*. Sehingga pada ketiga sumur ini perlu dilakukan stimulasi.

Kurva $\Delta p/q$ versus laju alir sumur tersebut berbanding lurus (cenderung naik); maka ketiga sumur mengalami turbulensi pada aliran fluida dari formasi ke dalam sumur tersebut. Dengan demikian interval perlu juga penambahan perforasi.

V. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil analisa *pressure buildup test* sumur A, sumur Y, dan sumur Z, mempunyai *factor skin* positif yaitu berturut-turut sebesar 5.56; 10.2; dan 2.00.
- Berdasarkan hasil analisa *pressure buildup test* dengan menggunakan metode *Horner* sumur A, sumur Y, dan sumur Z, mempunyai *skin factor* positif yaitu berturut-turut sebesar 16.10; 11.18; dan -2.07. Pada metode *type curve derivatives* sumur A, sumur Y, dan sumur Z mempunyai nilai *skin factor* berturut-turut sebesar 25.11; 14.47; dan 1.93.
- Berdasarkan hasil analisa *drawdown test* dengan sumur A, sumur Y, dan sumur Z, mempunyai *skin factor* positif yaitu berturut-turut sebesar 3.37; 27.10; dan -1.39. Pada metode *type curve derivatives* sumur A, sumur Y, dan sumur Z mempunyai nilai

-
- skinfactor* berturut-turut sebesar 7.04; 11.18; dan 4.20.
- Analisa *Short Term Multiple Rate Flow Tests* ketiga sumur dengan menggunakan metode Jones, Blount, dan Glaze, pada sumur A, sumur Y, dan sumur Z didapatkan titik potong ($\Delta p/q$ vs q) adalah sebesar 8.95; 13.72; dan 1.86. Hal ini memperlihatkan titik potong $\Delta p/q$ vs q yang tinggi sehingga menunjukkan bahwa permeabilitas formasi yang rendah atau *skinfactory* yang tinggi. Akan tetapi berdasarkan analisa *pressure build up test* diperoleh permeabilitas formasi yang cukup tinggi yaitu 100 mD. Sehingga *factor skin* yang tinggi mempengaruhi kurva $\Delta p/q$ vs q tersebut.
 - Baik metode $\Delta p/q$ vs q Jones, Blount, dan Glaze maupun analisa *well test*, menunjukkan bahwa ketiga sumur tersebut perlu distimulasi.
 - Kurva $\Delta p/q$ vs q pada sumur A, sumur Y dan sumur Z menunjukkan bahwa pada ketiga sumur tersebut terjadi turbulensi dan interval perforasi belum cukup panjang, sehingga perlu ditambah perforasinya.
 - Setelah dilakukan pekerjaan *hydraulic fracturing*, sumur A mengalami kenaikan produksi sebesar empat kalinya yaitu menjadi 180 bopd. Sumur Y mengalami kenaikan produksi sebesar tiga kalinya yaitu menjadi 240 bopd dan sumur Z mengalami kenaikan produksi sebesar dua kalinya yaitu menjadi 135 bopd.
 - Khosravi, V., S, Ketabi, "Well Test Analysis of Gas Condensate Reservoir from Build Up and Draw Down Test," OTC-24897-MS, Kuala Lumpur, Malaysia, 2014.
 - Lee, J., "Well Testing", Society of Petroleum Engineers Richardson, TX, Houston, USA, 1981.
 - Madahar, A., and Stewart, G., "Effect of Material Balance on Well Testing Analysis." SPE 124524, Louisiana, USA, 2009.
 - Matthews, C. S., Russell, D.G., Pressure Buildup and Flow Tests in Wells, Society of Petroleum Engineers of AIME, New York, Dallas, 1967.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Pertamina EP yang telah memberikan izin, pada saya untuk melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Beggs, D. H., "Gas Production Operations", Oil and Gas Consultant International Inc., OGC I Publication, Tulsa Oklahoma, USA, 1995
- Bourdet, D., "Well Test Analysis: The Use of Advanced Interpretation Models", Paris, 1989.
- Earlougher, Jr., Robert C., "Advances in Well Test Analysis", Second Printing, Society of Petroleum Engineering of AIME, New York, 1977.
- Jones, L. G., Blount, E.M., and Glaze, O.H., "Use of Short Term Multiple Rate Flow Tests to Predict Performance of Wells Having Turbulance," SPE 6133, Dallas, USA, 1976.