

ANALISIS HASIL PTS SURVEY PADA SAAT KOMPLESI UNTUK MENENTUKAN ZONA PRODUKSI SUMUR "X" LAPANGAN WAYANG WINDU

Fahmi Ramdhan, Bambang Kustono, Sri Feny

Abstrak

Salah satu cara untuk mendapatkan informasi awal yang sangat penting sebelum sumur panas bumi dapat berproduksi optimal dengan diturunkan peralatan survei di bawah permukaan yang dapat merekam jumlah data fisik seperti tekanan, temperatur, dan laju aliran massa, secara kontinyu menggunakan peralatan survei tekanan, suhu, dan spinner. Survei PTS dilakukan untuk menentukan kedalaman zona rekah (feedzone) dan produktivitas. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menganalisis interpretasi ulang dari survei PTS hasil sumur "X" di lapangan Wayang Windu untuk mendapatkan besarnya kuantitatif Indeks Produktivitas Index (PI) dan Injektivitas Index (II), serta menentukan jumlah kontribusi masing-masing feedzone sumur uap.

Kata kunci: PTS, Produktivitas Index, Injektivitas Index

Pendahuluan

Salah satu cara untuk memperoleh informasi awal yang sangat penting sebelum sumur panas bumi dapat berproduksi secara optimum adalah menurunkan peralatan survey bawah permukaan yang dapat mencatat besaran data fisik berupa tekanan, temperatur, dan laju alir massa secara kontinyu dengan menggunakan peralatan *Pressure, Temperature, dan Spinner* (PTS) survey. *PTS survey* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kedalaman zona-zona rekah (feedzone) dan produktivitasnya.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menganalisis kembali hasil interpretasi *PTS survey* sumur "X" di lapangan Wayang Windu sehingga diperoleh secara kuantitatif besarnya *Productivity Index (PI)* dan *Indectivity Index (II)*, serta untuk mengetahui besaran kontribusi uap dari setiap feedzone pada sumur.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan muncul dalam penelitian ini adalah perbedaan hasil interpretasi survey PTS injection dan flowing dalam menentukan letak feedzone, yang tidak sesuai dalam menghitung besaran kontribusi uap dari setiap feedzone yang dihasilkan, sehingga perlu dilakukan analisis dengan cara membandingkan dua survey PTS injection dan flowing pada sumur X.

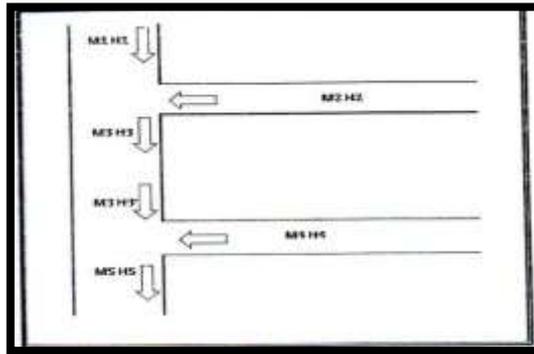
Studi Pustaka

Pada pengoperasian PTS diperlukan suatu laju aliran fluida, oleh karena itu maka umumnya survey ini harus dilakukan pada saat sumur diproduksi atau diinjeksi air. Dalam beberapa sumur, walaupun dalam kondisi shut-in tetapi karena terjadi *interzone flow* maka pengukuran dengan PTS juga dapat dilakukan. Perhitungan yaitu:

PTS survey under injection

Perhitungan *PTS Under Injection* untuk menentukan parameter reservoir menggunakan prinsip kesetimbangan panas dengan mengasumsikan volume air sama dengan massa air, dan adanya keadaan pencampuran antara fluida injeksi dengan fluida wellbore.

Gambar ilustrasi di bawah ini pencampuran fluida injeksi dengan fluida wellbore pada saat PTS survey under injection



Gambar 1 Aliran Fluida Injeksi di Dalam Sumur

Berdasarkan gambar di atas pencampuran fluida di dalam sumur dapat diperoleh dengan rumus:

$$(M1.H1) + (M2.H2) = (M3.H3) \dots \dots \dots (2-1)$$

$$M3 = M1 + M2 \dots \dots \dots (2-2)$$

$$(M1.H1) + (M2.H2) = ((M1 + M2) H3) \dots \dots \dots (2-3)$$

Keterangan:

M = Massrate, Kg/s

H = Enthalpy, Kj/Kg

Setelah perhitungan massrate maka dapat dilakukan perhitungan *productivity* index dan *injectivity* index dari masing-masing feedzone, dengan rumus:

$$PI = \frac{M}{Pres - Pwf} \dots \dots \dots (2-4)$$

$$II = \frac{M}{Pinjeksi - Pres} \dots \dots \dots (2-5)$$

Keterangan :

PI = Productivity Index, Kg/S.Bar

II = Injectivity Index, Kg/S.Bar

Pres = Tekanan Reservoir, Bar

Pinj = Tekanan Injeksi, Bar

Pwf = Tekanan Alir Sumur, Bar

PTS survey under flowing

Yang dimaksud dengan PTS flowing adalah keadaan fluida wellbore yang keluar dari feedzone hanya satu fluida tidak ada pencampuran fluida lainnya. Perhitungan PTS Flowing menggunakan kalibrasi terhadap data spinner dengan cara melakukan plot dari frekuensi (radian per second) dengan cable velocity (meter per second). Data spinner dan cable velocity yang diplot harus lengkap dari masing-masing log up maupun log down. Setelah diplot dari kedua data tersebut kemudian mencari kemiringan (slope)

perkedalaman tersebut, kemudian nilai-nilai slope tersebut dicari nilai average slope. Berikut rumus perhitungan fluid velocity:

$$FV = (RPS/avg\ slope) - cable\ velocity.....(2-6)$$

Keterangan:

FV = Fluid Velocity, m/s

RPS = Response Spinner, rps

CV = Cable Velocity, m/s

Setelah mendapat nilai fluid velocity kemudian nilai tersebut dikalikan 1,05. Ini merupakan koreksi terhadap alat tersebut yang besarnya ditentukan oleh pihak perusahaan yang melakukannya. Luas penampang yang digunakan disini adalah luas penampang lingkaran dimana:

$$A = 0,25 * \pi * (ID)^2.....(2-7)$$

Keterangan :

ID = Inside Diameter, m

Setelah dilakukan berbagai perhitungan diatas, kemudian dilakukan perhitungan massrate untuk setiap kedalaman dengan persamaan :

$$M = FV * \rho * A.....(2-8)$$

Keterangan :

M = Massrate, kg/s

FV = Fluid Velocity, m/s

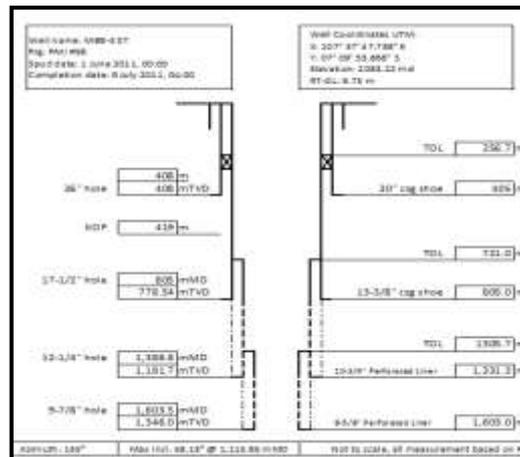
ρ = Densitas, kg/m³

A = Luas Penampang, m²

Data Sumur X

Sebelum menghitung *productivity index*, *fluid velocity*, dan *Massrate* serta *kontribusi* dari setiap feedzone, diperlukan data - data *survey PTS* dari sumur tersebut.

Data-data *survey PTS* tersebut terdiri dari tekanan reservoir, tekanan injeksi, tekanan alir sumur, kedalaman sumur, diameter casing liner, densitas fluida reservoir, cable velocity, fluid velocity, massrate, response spinner, dan enthalphy. Berikut digambarkan penampang pipa selubung Sumur X yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



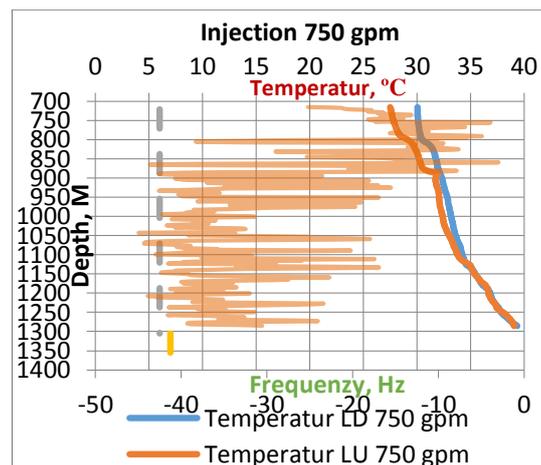
Gambar 2 Penampang Pipa Selubung Sumur X

Pembahasan

Analisis Feedzone PTS Survey Injection

Penentuan feedzone pada PTS Survey Injection dilakukan dengan cara memplot grafik data Pressure, Temperature, dan Spinner (Frequency) terhadap kedalaman. Sebelum di plot dalam grafik, data yang di dapat di sorting menjadi per 2 meter terlebih dahulu berdasarkan log up dan log down untuk mempermudah dalam melakukan plot parameter tersebut.

Berikut grafik hasil PTS survey injection yang dipilih dari berbagai laju alir injeksi yang berbeda-beda.



Gambar 3 Grafik Injection 750 gpm

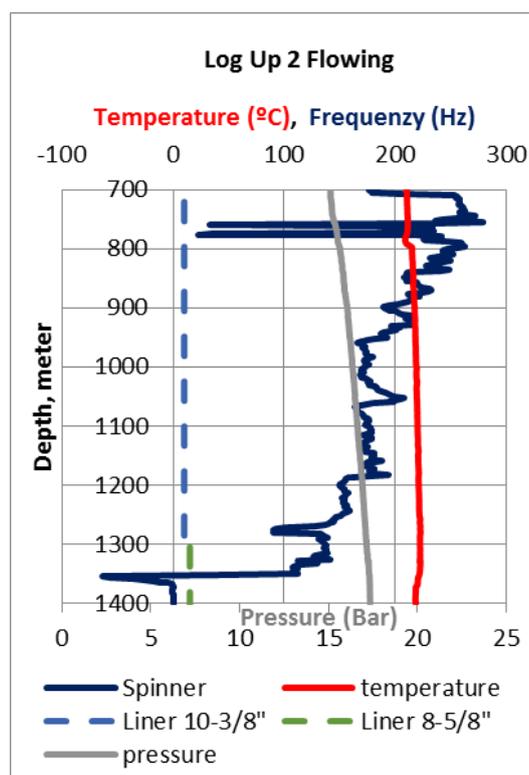
Hasil plot grafik data pressure, temperature, dan spinner pada log down dan log up 750 gpm dapat dilihat pada gambar (3) diatas. Log down dan log up ini menggunakan injection rate sebesar 750 gallon per menit (GPM) / 47 liter/second dengan kecepatan alat untuk naik sebesar 30 meter per menit.

Dari hasil plot di atas menunjukkan bahwa terdapat 3 feedzone, indikasi dapat terlihat pada naiknya temperature secara drastis pada kedalaman 880-890 meter, 1120-1125 meter, dan 1175-1180 meter. Namun pada respon spinner tidak terlalu menunjukkan simpangan yang di mana merupakan indikasi adanya fluida yang masuk atau keluar dari wellbore, tetapi dengan trend yang semakin ke kiri menunjukkan adanya suatu fluida yang

masuk ke wellbore. Dari feedzone yang di dapat dari PTS injection harus di cross check dengan PTS flowing agar mendapat hasil yang akurat.

Analisis Feedzone PTS Survey Flowing

Mekanisme pekerjaan analisis ini dengan PTS Survey pada keadaan flowing, data-data hasil survey pada keadaan flowing dapat juga untuk menentukan parameter reservoir seperti enthalpy, flowrate, productivity index dll. Tetapi sebelum dilakukan perhitungan tersebut, langkah pertama yang dilakukan adalah disorting menjadi per 2 meter berdasarkan log up dan log down kemudian plot pressure, temperature, dan spinner tersebut untuk melihat letak kedalaman feedzone dari sumur tersebut. Kedalaman feedzone yang di dapat dari PTS survey saat flowing nantinya akan di bandingkan dan di padukan dengan hasil survey pada saat injection untuk memastikan letak kedalaman feedzone sumur tersebut. Metode empiris dan wellbore simulation digunakan untuk menganalisis data dan menghitung parameter-parameter reservoir sumur tersebut. Pada sumur "X" ini dilakukan dua kali log down dan dua kali log up.



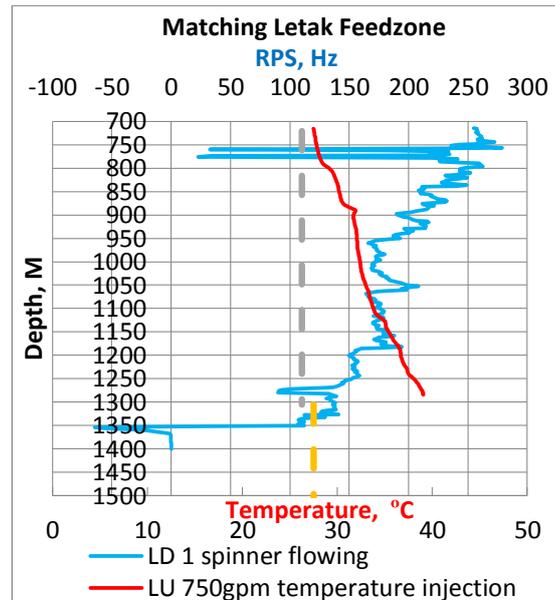
Gambar 4 Grafik Log Up 2 Flowing

Dari hasil grafik plot pada gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat 3 feedzone, hal ini dapat terlihat pada respon spinner yang mengarah ke kanan pada kedalaman 950-956 meter, 1188-1200 meter, dan 1352-1356 meter. Namun respon temperature tidak terlalu menunjukkan adanya suatu kenaikan temperature.

Matching Feedzone PTS Survey Injection & Flowing

Setelah dilakukan plot permasing-masing log up dan log down pada PTS survey injection dan flowing maka dapat ditentukan letak feedzone dari masing-masing data PTS injection maupun flowing. Untuk grafik PTS flowing di ambil pada saat tekanan kepala sumur dengan tekanan sebesar 13,5 bar.

Hasil plot dari PTS survey injection dan flowing setelah dipadukan dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah ini. Berikut adalah hasil plot antara PTS survey Injection dan Flowing menunjukkan indikasi feedzone.



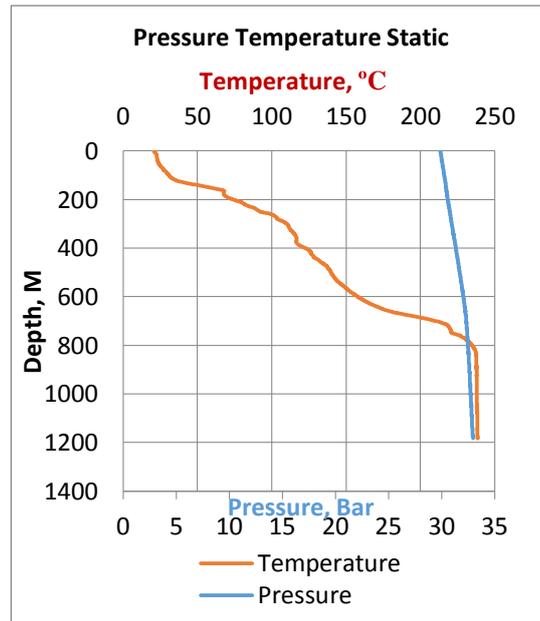
Gambar 5 Grafik Matching Feedzone PTS Injection & Flowing

Dari gambar tersebut terlihat adanya perbedaan zona feedzone yang dideteksi melalui PTS Injection maupun PTS Flowing, pada kedalaman 880 meter grafik temperatur dari PTS Injection naik secara drastis di mana grafik spinner pada PTS Flowing memberikan indikasi semakin ke kanan pada kedalaman 900 meter. Peristiwa ini menunjukkan bahwa ada sesuatu fluida yang masuk ke dalam wellbore pada kedalaman tersebut atau indikasi kedalaman tersebut adalah feedzone.

Berdasarkan pada landaian temperatur gambar 3 pada kedalaman 880-890 meter, 1120-1125 meter, dan 1175-1180 meter diindikasikan adanya inflow yaitu adanya uap yang masuk kedalam sumur. Hal ini dapat terlihat dari landaian temperatur yang lebih landai atau secara perlahan naik. Kejadian tersebut di akibatkan oleh pemanasan secara konduksi dari batuan sekitar yang memiliki temperatur lebih tinggi dan permeabilitas batuan, tetapi pada hasil plot spinner gambar 3, hasilnya sangat rapat sehingga sulit di analisis untuk penentuan feedzone dan perhitungan. Oleh karena itu dilakukan perhitungan parameter reservoir menggunakan metode mass and heat balance dengan melakukan pengamatan pada landaian temperatur. Untuk menghitung parameter reservoir tersebut maka terlebih dahulu dicari enthalpy, tekanan, dan temperatur dari tiap-tiap feedzone dan masing-masing 1 meter di atas feedzone.

Untuk penentuan tekanan pada feedzone menggunakan data PT static dari masing-masing feedzone, kemudian diambil rata-ratanya perfeedzone, sedangkan untuk tekanan pada wellbore di dapat dari pengukuran langsung dari data PTS injection.

Hasil plot data PT static dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6 Pressure Temperature Static Sumur "X"

Penentuan enthalpy ini menggunakan steam table berdasarkan data temperatur pada saat survey PTS pada log up kedua dengan injeksi air sebanyak 750 gpm (47,3 liter per second), data lengkap dari PT static terlampir pada lampiran. Untuk perhitungan dilakukan pada langkah berikutnya ini dilakukan pada feedzone pertama, kedua, dan ketiga. berikut data kedalaman, temperatur, dan enthalpy dari feedzone I dan 5 meter diatas dan dibawah feedzone.

Tabel 1 Feedzone I

Feedzone	Kedalaman, Meter	Temperatur °C	Enthalpy (Kj/Kg)
I	875	30,61	128,19
	880 - 890	224,11	2802,55
	895	31,81	133,17

Sesuai dengan persamaan 2.1 – 2.3 maka dapat dihitung massrate pada feedzone dan massrate setelah pencampuran feedzone dengan air yang diinjeksi (M_1 = jumlah air diinjeksi).

Dengan diketahui data tekanan alir (P_{wf}) dan tekanan reservoir maka dapat dihitung nilai dari productivity index (PI) dengan mengikuti persamaan 2.4 Harga tekanan alir (P_{wf}) didapat dengan nilai average dari kedalaman feedzone saat under injection, dan harga tekanan alir (P_{res}) didapat dengan nilai average dari kedalaman feedzone saat shut-in (static).

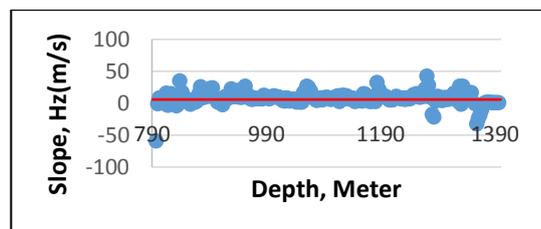
Tabel 2 Hasil Perhitungan Reservoir Dari PTS Injection

Feedzone (m)	Laju alir (Kg/s)	Enthalpy (Kj/Kg)	Pres (Bar)	Pwf (Bar)	PI (Kg/S.Bar)	In/Out
880 – 890	0,09	2802,55	32,59	25,07	0,012	inflow
1120 – 1125	0,06	2803	32,87	27,02	0,01	inflow
1175 - 1180	0,04	2803	32,94	27,52	0,008	inflow

Dari tabel 2 menunjukkan bahwa aliran fluida pada tiap feedzone mengalami aliran fluida reservoir masuk kedalam wellbore (inflow). Pengukuran hanya dapat dilaksanakan sampai kedalaman 1285 meter karena alat PTS survey tidak dapat masuk lebih dalam. Namun air injeksi masih mengalir ke bawah lebih dalam dari kedalaman 1285 meter.

Mengacu pada perhitungan yang sebelumnya seperti PTS survey injection, PTS survey pada keadaan flowing juga dilakukan perhitungan untuk mendapatkan parameter massrate, productivity index dari masing-masing feedzone. Hasilnya nanti akan dibandingkan dengan hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan PTS injection. Untuk perhitungan PTS survey flowing dilakukan dengan membandingkan hasil kalibrasi dari pembacaan spinner (radian per second) menjadi fluid velocity untuk kemudian dihitung massrate dan menggunakan wellbore simulation, tetapi pada penulisan ini perhitungan menggunakan wellbore simulation tidak digunakan pada perhitungan PTS survey flowing.

Prosedur sebelum kalibrasi adalah dengan menghitung slope tiap kedalaman dari 792 meter sampai 1389 meter kemudian diplot terhadap kedalaman.



Gambar 7 Plot Slope Vs Kedalaman

Dari hasil plot terhadap kedalaman didapat slope average sekitar (5,4). Untuk casing dan line yang digunakan pada sumur "X" ini dapat dilihat pada tabel berikut ini.

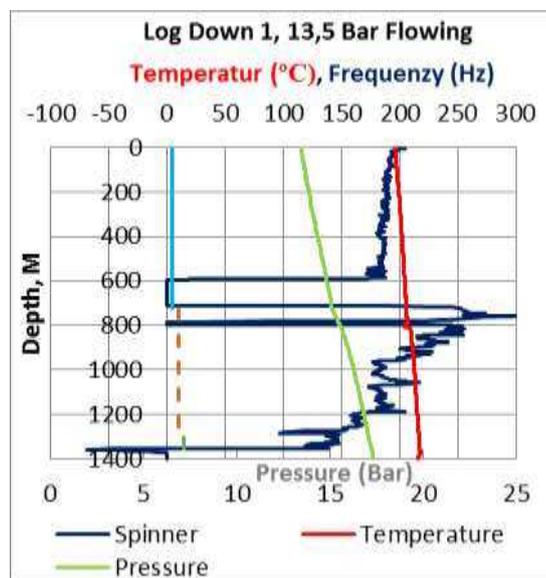
Tabel 3 Geometri Sumur

Kedalaman (meter)	Casing od (inch)	Inside diameter (meter)	Roughness
0 - 719	13 3/8	0,315	0,000045
720 - 1304	10 3/4	0,255	0
1304 - 1600	8 5/8	0,203	0

Hasil plot antara response spinner dengan kedalaman dapat dilihat pada gambar 4. Setelah itu kemudian dilakukan perhitungan untuk parameter reservoir untuk tiap-tiap kedalaman feedzone yang telah ditentukan sebelumnya.

Perhitungan untuk menghitung *fluid velocity* PTS Flowing Log Down 1 pada kedalaman 1352 meter. Menggunakan persamaan 2.6. Setelah mendapatkan nilai dari fluid velocity kemudian nilai tersebut dikalikan dengan 1,05. Dimana ini merupakan faktor koreksi dari alat tersebut.

Perhitungan fluid velocity diatas dilakukan sepanjang kedalaman sumur menggunakan excel spreadsheet.



Gambar 8 Grafik Log Down 1 PTS Flowing

Berdasarkan gambar diatas didapat data tekanan alir, tekanan static, dan temperature yang kemudian dapat dicari nilai densitas fluida tersebut. Berdasarkan pada tabel 3 maka dapat dilakukan perhitungan luas penampang pipa menggunakan persamaan 2.7. Setelah luas pipa telah dihitung maka berdasarkan dengan persamaan 2.4 maka dapat dihitung nilai dari massrate yang mengalir di dalam casing atau liner tersebut.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Parameter Feedzone PTS Flowing

Feedzone	Depth (mMD)	Temp (°C)	Densitas (kg/m ³)	Pwf (bar)	Fluid Velocity (m/s)	Mmix (kg/s)	Massrate (kg/s)	Pr (bar)	PI (kg/s.bar)	Kontribusi %
I	1352 - 1356	249,63	8,69	17,1	26,36	11,7	11,7	28,94	0,99	53,9
II	1188 - 1200	240,72	8,49	16,8	31,77	13,78	2,08	28,76	0,17	9,58
III	950 - 956	227,24	8,16	16,2	52,09	21,7	7,92	28,5	0,64	36,51
Total Massrate						21,7				

Perbedaan pengukuran antara PTS survey under injection & flowing ini diakibatkan alat tidak dapat mencapai target kedalaman yang diinginkan, karena adanya tools yang terjatuh di wellbore dan mengakibatkan penyempitan lubang. Pada saat PTS survey under injection air yang diinjeksikan dengan laju alir berbeda-beda memberikan tekanan kepada zona rekah (feedzone) formasi sehingga feedzone terbuka dengan adanya air yang diinjeksikan. Hal ini bersifat sementara pada saat dilakukan injeksi air saja tetapi kondisi ini tidak menggambarkan kondisi real reservoir pada saat produksi fluida panas bumi.

Saat dilakukan PTS survey under flowing aliran fluida panas bumi yang keluar dari feedzone masuk kedalam wellbore, yang didalamnya hanya terdapat fluida panas bumi dari dalam reservoir dan tidak ada pencampuran fluida dari air injeksi. Hal ini lebih menggambarkan keadaan sumur yang sesuai dengan kondisi reservoir saat produksi, sehingga PTS survey flowing dipilih sebagai penentuan feedzone produksi dan produktivitas sumur. Sedangkan PTS survey under injection tidak menggambarkan keadaan sumur saat produksi karena pencampuran fluida yang berada di dalam sumur berasal dari air injeksi.

Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fluida yang di produksi sumur "X" pada lapangan Wayang Windu ialah fluida high temperature dan high enthalphy steam dengan dryness 1,
2. Sumur "X" adalah sumur baru sebagai sumur make-up well untuk menambah cadangan produksi Unit-1 & 2. Memiliki Enthalpy fluida tinggi sekitar: 2800 kj/kg (Dominasi uap),
3. Sumur "X" mempunyai 3 zona feedzone yaitu feedzone pertama pada kedalaman 950-956 meter, feedzone kedua pada kedalaman 1188-1200 meter, dan feedzone ketiga pada kedalaman 1352-1356 meter. Ketiga penentuan feedzone ini berdasarkan PTS survey under flowing,
4. Laju alir massa total sumur "X" pada WHP 13,5 bar sekitar 21,7 Kg/s,
5. Nilai Productivity Index (PI) dari hasil perhitungan PTS survey under flowing pada feedzone pertama adalah 0,64 Kg/s.bar , (PI) pada feedzone kedua adalah 0,17 Kg/s.bar , dan (PI) pada feedzone ketiga adalah 0,99 Kg/s.bar,

6. Hasil perhitungan PTS survey under injection pada injeksi air 750 gpm didapatkan nilai Productivity Index (PI) pada feedzone pertama adalah 0,012 Kg/s.bar , (PI) pada feedzone kedua adalah 0,01 Kg/s.bar , dan (PI) pada feedzone ketiga adalah 0,008 Kg/s.bar ,
7. Hasil analisis PTS survey dalam menentukan zona produksi lebih akurat saat under flowing karena lebih menggambarkan kondisi yang sesuai dengan reservoir saat produksi, dengan kontribusi masing-masing feedzone I flowing kedalaman 1352-1356 meter 53,9 %, feedzone II kedalaman 1188-1200 meter 9,58%, dan feedzone III kedalaman 950-956 meter 36,51%.

Daftar Pustaka

Bogie, I. and McKenzie, K.M, 1998."The Application of a Volcanic Facies Model to an Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia". Proc. 20th New Zealand Geothermal Workshop.

Bogie, I. and Yudi Indrakusumah. 2008."Overview of the Wayang Windu Geothermal Field West Java Indonesia". Magma Nusantara Ltd.

Halim, Janitra. 2011. "Analisis Pressure Temperature Spinner (PTS) Survei Pada Sumur Geothermal Satu Fasa Uap". Tugas Akhir, Teknik Perminyakan ITB.

Kamah, M. Yustin and et.al. 2005."The Productive Feed Zones Identified Based on Spinner Data and Application in the Reservoir Potential Review of Kamojang Geothermal Area, Indonesia". Turkey, Proceedings World Geothermal Congress.

Pangestu, Marten. 2014."Analisa Data Hasil Pressure Temperature Spinner (PTS) Survey Injection Dan Flowing Untuk Menentukan Zona Feedzone Dan Produktivitasnya Sumur "X" Lapangan Wayang Windu". Tugas Akhir. Teknik Perminyakan Universitas Trisakti.
Saptadji, Nenny Miryani. 2001."Diktat Kuliah Teknik Eksploitasi Panas Bumi". Bandung : Departemen Teknik Perminyakan ITB.

Situmorang, Jantinur. 2011."Pressure Temperature Spinner". Presentasi training PTS. Wayang Windu Ltd, Jakarta.

Situmorang, Jantinur. 2011."Analisa PTS". Presentasi training PTS. Wayang Windu Ltd, Jakarta.