

**PROSIDING**

**ISBN 978-602-71940-4-5**

**SEMINAR NASIONAL, CALL PAPER, DAN PAMERAN HASIL  
PENELITIAN & PENGABDIAN MASYARAKAT  
KEMENRISTEK DIKTI RI**

**EKSAK**

YOGYAKARTA  
22 OKTOBER 2015

**MENINGKATKAN MARTABAT BANGSA BERBASIS SUMBER DAYA ENERGI  
DAN MEMPERKOKOH SINERGI PENELITIAN ANTAR PEMERINTAH, INDUSTRI  
DAN PERGURUAN TINGGI**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
YOGYAKARTA  
2015**





**PROSIDING SEMINAR NASIONAL  
DAN CALL PAPER**

**MENINGKATKAN MARTABAT BANGSA BERBASIS SUMBER DAYA ENERGI DAN  
MEMPERKOKOH SINERGI PENELITIAN ANTAR PEMERINTAH, INDUSTRI &  
PERGURUAN TINGGI**

Cetakan Tahun 2015

Katalog Dalam Terbitan (KDT):

Prosiding Seminar Nasional dan *Call For Paper*  
Meningkatkan Martabat Bangsa Berbasis Sumber Daya Energi Dan Memperkokoh Sinergi Penelitian Antar  
Pemerintah, Industri & Perguruan Tinggi  
LPPM UPNVY

247, hlm; 21 x 29.7 cm.  
ISBN: 978-602-71940-4-5

## **LPPM UPNVY PRESS**

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta  
Kapuslitbang LPPM UPNVY  
Rektorat Lantai 4, LPPM, Puslitbang  
Jln. SWK 104 (Lingkar Utara) Ring Road, Condong Catur, Yogyakarta 55283  
Telpon (0274) 486733, ext 154  
Fax. (0274) 486400

[www.lppm.upnyk.ac.id](http://www.lppm.upnyk.ac.id)  
Email: [puslitbang.upn@gmail.com](mailto:puslitbang.upn@gmail.com)

**Penata Letak** : Berlina Ayu Suryana  
Intan Puspita Sari  
Eva Permita Sari  
Elfira Fitriani Putri  
**Desain Sampul** : Ristiya Munazahatin

**Distributor Tunggal**  
LPPM UPNVY Rektorat Lantai 4, LPPM, Puslitbang  
Jln. SWK 104 (Lingkar Utara) Ring Road, Condong Catur, Yogyakarta 55283  
Telpon (0274) 486733, ext 154  
Fax. (0274) 486400

**Hak Cipta dilindungi Undang-undang.**

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

**DAFTAR REVIEWER**  
**SEMINAR NASIONAL, CALL PAPER, DAN PAMERAN HASIL PENELITIAN &**  
**PENGABDIAN MASYARAKAT KEMENRISTEK DIKTI RI**  
**22 OKTOBER 2015**  
**LPPM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA**

- |     |   |         |
|-----|---|---------|
| 1.  | Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc.     | (UPNVY) |
| 2.  | Prof. Dr. Didit Welly Udjiyanto, M.S.       | (UPNVY) |
| 3.  | Prof. Dr. Arief Subyantoro, M.S             | (UPNVY) |
| 4.  | Prof. Dr. Danisworo                         | (UPNVY) |
| 5.  | Prof. Dr. Bambang Prathistho                | (UPNVY) |
| 6.  | Ptof. Dr. Suwardjono, M.Sc.                 | (UGM)   |
| 7.  | Prof. Dr. Jogiyanto Hartono, M.Sc.          | (UGM)   |
| 8.  | Dr. Rahmat Setiawan, M.Si.                  | (UNAIR) |
| 9.  | Dr. Rahmad Sudarsono, M.Si.                 | (UNPAD) |
| 10. | Dr. Ardhito Bhinadi, M.Si.                  | (UPNVY) |
| 11. | Dr. Joko Susanto, M.Si.                     | (UPNVY) |
| 12. | Prof. Dr. Sucey Kuncoko, M.Si.              | (UNNES) |
| 13. | Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, M.T.           | (UPNVY) |
| 14. | Dr. Sri Suryaningsum, S.E., M.Si., Ak., CA. | (UPNVY) |
| 15. | Dr. Jatmiko Setyawan, M.T.                  | (UPNVY) |

Yogyakarta, 22 Oktober 2015  
Rektor

  
Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc.  
NIP. 19561219-198411-2 001



## ANALISA PENURUNAN PRODUKSI SUMUR UAP KERING PADA LAPANGAN PANASBUMI "W"

Eko Widi Pramudiodadi, ST. MT.<sup>1)</sup>, Pramadhio Ari Putro<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta  
email: [ekowidip@yahoo.com](mailto:ekowidip@yahoo.com)

<sup>2)</sup> Teknik Perminyakan, UPN "Veteran" Yogyakarta  
email: [pramadhio.ari@gmail.com](mailto:pramadhio.ari@gmail.com)

### Abstract

*This paper is made on purpose to determine the production decline rate of dry steam well, which cause by the depletion of mass in the reservoir. It must be normalized at normal pressure of 13 bar before the trendline is created. Therefore, the calculation of estimated reservoir pressure with help of process software and calculation of normalized production rate using method published by Acuna (2008) is necessary, then we can obtain the decline trend of normalized production rate curve. The results from existing Pressure-Temperature-Spinner survey data, are used as input on software to estimate reservoir pressure values, then some point of reservoir pressure will be obtain. The more reservoir point we have from survey data the better the result we can get later. Based on Acuna (2008), change in wellbore parameter ( $C_{wb}$ ) and reservoir (PI) will be obtained, then it can be used to calculate the normalized production rate to analyze the trend of the ideal production rate curve based on it. The calculation and analysis have resulted in 7.3%/year of decline rate..*

**Keywords:** decline rate analysis, dry steam well, wellbore, reservoir

### 1. PENDAHULUAN

Dalam pengembangan Lapangan Panasbumi "W" ini, memiliki cukup banyak kendala yang dihadapi dalam operasi pengembangannya. Salah satu kendala yang sangat mempengaruhi pengembangan tersebut adalah seperti adanya penurunan produksi (*decline*) uap pada sumur yang menyebabkan turunnya generasi listrik. Hal tersebut menyebabkan pengembangan lapangan ke depannya menjadi sulit apabila penurunan dari produksi tersebut sangatlah signifikan. Penurunan ini bisa disebabkan oleh berbagai macam hal antara lain, adanya perubahan entalpi fluida, *scaling*, *workover*, dan problem sumur lainnya. Oleh karena itu perlu ditinjau lebih lanjut apakah ada parameter tertentu yang mempengaruhi dari penurunan tersebut dan melihat *trend* atau pola produksi dari sumur yang diuji.

Maksud penulisan artikel ini adalah melakukan perhitungan tekanan reservoir berdasarkan tekanan alir dasar sumur sebagai dasar untuk analisa penurunan produksi sumur panasbumi, di mana kedalaman pada sumur analisis hanya mencapai *steam cap*. Metoda yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan adalah metoda analitis yang diajukan oleh Acuna (2010).

### 2. KAJIAN TEORI

Dalam dunia panasbumi maupun dunia perminyakan, analisis kinerja sumur menjadi suatu bagian yang sangat penting untuk menentukan kemampuan produksi suatu sumur hingga waktu tertentu. Metode analisis yang digunakan pada dasarnya dengan melakukan observasi data sumur yang ada (data produksi, data geometri sumur, dll) untuk mengetahui kecenderungan kurva produksi sumur terhadap waktu. Kemudian kurva produksi tersebut diekstrapolasikan pada periode yang akan datang sebagai prediksi kemampuan produksi. Melalui analisis ini, performa sumur dapat dievaluasi dan ketersediaan uap di



kepala sumur dapat diprediksi untuk menjaga keberlangsungan produksi uap ke pembangkit. Pada bahasan kali ini, akan dikaji lebih lanjut tentang analisis kinerja sumur panasbumi untuk aliran satu fasa uap.

Persamaan empiris mampu memodelkan kemampuan produksi sumur gas yang secara luas juga diterapkan di sumur uap kering panasbumi dengan persamaan sebagai berikut:

$$W = Co(P_{si}^2 - P_f^2)^n \quad (1)$$

Nilai  $Co$  dan  $n$  diketahui tidak konstan terhadap waktu, oleh karena itu perlu dilakukan uji produksi untuk memperbaiki parameter persamaan tersebut.

Persamaan tersebut dikenalkan oleh Rawlins and Schellhardt (1935) untuk menghitung *deliverability* sumur dan telah banyak digunakan untuk memodelkan perubahan produksi sumur. Sanyal (1991) berhasil mengaplikasikannya pada Lapangan Panasbumi *The Geysers*, Pegunungan Mayacamas, California. Kekurangan dari metode ini adalah sulitnya mengetahui perubahan dari koefisien stabilisasi produksi ( $Co$ ) dan eksponen *deliverability* ( $n$ ) terhadap perubahan yang terjadi di lubang sumur dan reservoir. Hal tersebut diperlukan karena perubahan yang terjadi pada dua titik tersebut mempengaruhi *decline* produksi sumur. Terjadinya *scaling* dalam sumur dapat mengakibatkan perubahan dimensi diameter casing, sedangkan *skin* pada reservoir (*feedzone*) mempengaruhi *permeability thickness*.

Oleh karena itu, Acuna (2008) telah menurunkan persamaan *deliverability* pada sumur uap kering secara analitis sebagai fungsi dari parameter-parameter terukur yang mudah dipahami seperti koefisien lubang sumur ( $C_{wb}$ ) dan *Productivity Index* ( $PI''$ ) pada reservoir. Berdasarkan studi pada Lapangan Panasbumi Darajat<sup>1)</sup>, koefisien  $C_{wb}$  dan  $PI''$  yang dikemukakan oleh Acuna tidak akan mengalami banyak perubahan kecuali ada perubahan karakteristik di lubang sumur (geometri) atau reservoir (permeabilitas dan interferensi antarsumur). Dengan demikian, adanya perubahan dari parameter tersebut akan mempermudah dalam identifikasi masalah produksi sumur.

Analisis *decline* produksi dengan persamaan analitis akan lebih mudah dibanding dengan persamaan empiris yang dilakukan Sanyal (1991). Analisis dengan metoda analitis ini menggunakan tekanan alir kepala sumur yang dinormalisasi sehingga memberikan informasi laju penurunan produksi sumur yang lebih baik. Tujuan menormalisasi laju alir adalah untuk mempermudah interpretasi kurva penurunan produksi dengan jalan menghitung laju alir model produksi pada tekanan standard. Metode ini telah diterapkan di Lapangan Panasbumi Darajat, dan hasil perhitungan model produksinya cukup sesuai dengan data produksi aktualnya. Namun sampai saat ini metode tersebut baru diterapkan di Lapangan Panasbumi Darajat saja dan belum diterapkan ke lapangan panasbumi yang memiliki satu fasa uap lainnya.

Proses penurunan persamaan Acuna itu sendiri akan dievaluasi menjadi dua bagian yakni kehilangan tekanan di lubang sumur dan reservoir. Dasar dari persamaan yang dikonstruksi oleh Acuna (2008) berasal dari Hukum Termodinamika I, yang menyatakan perubahan energi dalam (*internal energy*) dari suatu sistem termodinamika tertutup sama dengan total dari jumlah energi kalor yang disuplai ke dalam sistem dan kerja yang dilakukan sistem terhadap sekelilingnya. Sistem tersebut diilustrasikan pada **Gambar I**.

Berdasarkan Hukum Kesetimbangan Energi untuk aliran gas pada pipa, kehilangan tekanan di lubang sumur digambarkan dipengaruhi oleh faktor friksi, statis, dan akselerasi. Penurunan persamaan dilakukan hingga menjadi persamaan sebagai berikut :

$$W = C_{wb} (P_{wfg}^2 - P_{wh}^2)^{0.5} \quad (2)$$

Dari sisi aliran pada reservoir persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Proses persamaan laju alir pada periode menengah dilakukan secara analitis proses di atas dilakukan dengan menggunakan persamaan yang digunakan untuk analisis laju alir sumur uji pada tahun 2022 didapat sebesar 10,34 kg/s seperti terlihat pada Gambar VII.



$$W = \frac{PI''(P_{rg}^2 - P_{wfg}^2)}{2v_{rg}P_{rg}} \quad (3)$$

dimana

$$P_{rg} = P_r - \frac{CgH}{2}(P_r + P_{wh}) \quad (4)$$

dan

$$v_{rg} = v_r \left(1 - \frac{CgH}{2}\right) \quad (5)$$

Penyelesaian persamaan gabungan dari aliran di lubang sumur dan reservoir adalah sebagai berikut :

$$W = C_{WB} \left( P_{rg}^2 - \frac{2v_{rg}P_{rg}W}{PI''} - P_{wh}^2 \right)^{0.5} \quad (6)$$

**Persamaan 6** inilah yang digunakan untuk menganalisis kinerja dari sumur panasbumi untuk aliran satu fasa uap. Pada persamaan tersebut terdapat variabel laju alir massa uap di kedua ruas. Laju alir massa uap di ruas kanan adalah laju alir massa uap hasil pengukuran ( $W_{meas}$ ), dan laju alir massa uap di ruas kiri adalah laju alir massa uap hasil perhitungan kembali ( $W_{calc}$ ). Inti analisis adalah menyamakan nilai  $W_{meas}$  dan  $W_{calc}$  melalui *trial & error* nilai  $PI''$  dan  $C_{wb}$ .

Kemudian, untuk menganalisis laju penurunan produksi per tahunnya, dapat digunakan persamaan aliran massa uap eksplisit dari **Persamaan 6** dengan menormalisasi data tekanan kepala sumur kedalam satu tekanan kepala sumur operasi. Persamaan eksplisit yang digunakan untuk menghitung laju alir massa uap normalisasi sebagai berikut :

$$W = C_{WB}^2 \left( \left( \frac{P_{rg}^2}{A} - \frac{P_{wh}^2}{C_{WB}^2} \right)^{0.5} - \left( \frac{v_{rg}}{PI''} \right) P_{rg} \right) \quad (7)$$

Dimana nilai A merupakan konstanta yang berasal dari **Persamaan 8** di bawah ini :

$$A = \frac{1}{\left( \frac{1}{C_{WB}} \right)^2 + \left( \frac{v_{rg}}{PI''} \right)^2} \quad (8)$$

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dalam artikel ini dilakukan dengan menguji beberapa sumur yang ada di Lapangan Panasbumi "W". Beberapa data yang diperlukan seperti sejarah produksi, tekanan kepala sumur, geometri sumur, serta data pelengkap lain yang menunjang analisa metoda penurunan produksi yang disajikan dalam tugas akhir ini

Konsep dari analisis penurunan produksi ini adalah *production modelling*, yaitu dengan membuat model kurva produksi dengan metoda analitis, untuk kemudian dianalisis sehingga dapat didiagnosis masalah ataupun penyebab yang ada sehingga terjadi penurunan produksi pada suatu perioda produksi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan :

1. Mengestimasi kurva penurunan Tekanan Reservoir yang terjadi di sekitar sumur dengan bantuan *software* Aspen.
2. menghitung nilai laju massa uap untuk dijadikan sebagai model produksi.
3. mengkomparasi nilai laju alir massa uap terukur (aktual) dengan hasil perhitungan (model).
4. Diagnosis problem maupun aktivitas yang ada pada sumur, berkaitan perubahan laju produksi.
5. Analisis laju produksi dengan menarik *trend* pada suatu perioda produksi.



#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pembuatan model produksi (*calculated steam rate*), perlu dilakukan estimasi profil tekanan reservoir terlebih dahulu. Dalam pembuatan model produksi dibutuhkan beberapa data, seperti letak *feedzone* serta temperature dan tekanan alir pada *feedzone* tersebut perlu disiapkan seperti pada **Tabel I dan Gambar I**. Tekanan reservoir aktual disiapkan untuk dilakukan kalibrasi terhadap tekanan reservoir hasil perhitungan.

Tekanan reservoir estimasi dibuat berdasarkan tekanan alir pada *running Pressure-Temperature-Spinner* (selanjutnya disingkat *P-T-S*) yang telah disebutkan sebelumnya. Data survei *P-T-S* digunakan karena perhitungan estimasi tekanan reservoir ini menggunakan simulator Aspen untuk mengetahui *flowing bottomhole pressure* ( $P_{wf}$ ) pada kedalaman *feedzone*. Di dalam simulator ini, sumur bekerja dalam keadaan mengalir. Sumur setidaknya harus memiliki 2 data *running P-T-S* untuk melakukan perhitungan ini.

Dalam beberapa kasus, tidak lengkapnya data menjadi halangan perhitungan. Seperti pada Sumur "X" ini, data survei *P-T-S* yang tercatat hanya terdapat 2 data dan hanya sampai tahun 2013. Sedangkan dalam data produksi sudah mencapai tahun 2014. Oleh karena itu, dapat dilakukan prediksi sampai tahun 2014 berdasarkan penurunan tekanan yang tercatat pada periode sebelumnya.

Tabel yang menunjukkan hasil perhitungan Aspen pada dua data survei *P-T-S* yang ada dapat dilihat pada **Tabel II**. Dari hasil perhitungan simulator tersebut, tekanan alir dasar sumur akan digunakan dalam perhitungan tekanan reservoir pada masing – masing sumur. Formula yang digunakan adalah **Persamaan 1**. Hasil kalibrasi tekanan reservoir aktual, dari data pengukuran *Pressure-Temperature* statis, dan hasil kalkulasi dapat dilihat pada **Tabel III**.

Berdasarkan hasil kalibrasi, terdapat persentase kesalahan yang melebihi 10%. Hal tersebut dapat disebabkan oleh pengukuran yang kurang akurat. Keakuratan pengukuran tekanan reservoir bisa disebabkan salah satunya oleh kurangnya durasi penutupan sumur sebelum dilakukan pengukuran *P-T* statis.

Setelah didapat tekanan reservoir, perhitungan laju alir kalkulasi dapat dilakukan. Laju alir kalkulasi tersebut akan diplot terhadap laju alir aktual untuk dilakukan proses *matching* dengan *trial-error* nilai  $PI''$  dan  $C_{wb}$  yang ada. Nilai  $PI''$  dan  $C_{wb}$  awal sebelum proses *matching* diasumsi  $1 \times 10^{-10}$  kg/s/bar dan 1 kg/s-bar. Hasil sebelum dan sesudah *matching* dapat dilihat pada **Gambar III dan Gambar IV** dengan hasil  $PI''$  yang berbeda beda pada tiap periode berbeda yaitu  $3 \times 10^{-10}$  kg/s/bar pada periode pertama,  $5,2 \times 10^{-11}$  kg/s/bar pada periode kedua, dan  $7,7 \times 10^{-11}$  kg/s/bar pada periode ketiga. Sedangkan untuk  $C_{wb}$ , hasil yang didapat sebesar 1.5 kg/s-bar untuk semua periode. Hasil komparasi terhadap kurva laju alir aktual dapat dilihat pada **Gambar V**.

Dari hasil yang didapat, nilai  $C_{wb}$  tidak mengalami perubahan dikarenakan tidak adanya perubahan ukuran lubang sumur. Oleh karena itu, yang paling memungkinkan adalah perubahan pada sisi reservoir, yang menunjukkan adanya problem pada *feedzone* sumur uji.

Proses normalisasi selanjutnya dilakukan untuk mendapatkan *trend* kurva produksi yang ideal. Kurva laju alir normalisasi dapat dilihat pada **Gambar VI** dan dipilih nilai decline sebesar 7,3%/tahun dikarenakan sumur belum banyak mengalami gangguan dan berdasarkan status sumur di lapangan, sumur uji pernah mengalami kesalahan teknis pada pengukuran laju alir yang menyebabkan turunnya pembacaan laju alir uap secara mendadak.

Proses peramalan laju alir pada periode mendatang dilakukan setelah semua proses di atas dilakukan. Formulasi *decline exponential* digunakan untuk proses tersebut. Laju alir sumur uji pada tahun 2022 didapat sebesar 10,34 kg/s seperti terlihat pada **Gambar VII**.



## 5. KESIMPULAN

1. Hasil estimasi tekanan reservoir ( $P_r$ ) yang didapat berdasarkan dua data *Pressure-Temperature-Spinner* menghasilkan nilai sebesar **34,54 bara**,
2. Hasil pada data kedua didapat sebesar **23,64 bara**, dengan persentase kesalahan yang melampaui 10% terhadap tekanan reservoir terukur.
3.  $C_{wb}$  yang didapat sebesar **1,5 kg/s-bara**.
4. Hasil akhir  $PI''$  yang didapat dari perhitungan adalah
  - $3 \times 10^{-10}$  kg/s/bara pada Periode I,
  - $5,2 \times 10^{-10}$  kg/s/bara pada Periode II, dan
  - $7,7 \times 10^{-10}$  kg/s/bara pada Periode III.
5. Berdasarkan harga  $PI''$  dan  $C_{wb}$  yang didapat, nilai decline yang diambil sebesar **7,3%/year** dengan hasil *forecast* pada tahun 2022 sebesar **10,34 kg/s**.
6. Saran yang diberikan untuk Sumur "X" adalah dengan dilakukannya kegiatan Injeksi atau Stimulasi Sumur untuk meningkatkan produksinya.

## 6. REFERENSI

- Acuna, J. A dan Pasaribu, F. *Improved Method for Decline Analysis of Dry Steam Wells*. 2010. Proceedings Geothermal Resources Council Conference. Bali, Indonesia.
- Beggs, H. Dell. *Gas Production Operation : Ch. 3*. 1984. Oil & Gas Consultants International Inc : Tulsa.
- Sanyal, S.K. *A Systematic Approach To Decline Curve Analysis For The Geysers Steam Field, California*. 1989. Geothermal Resource Council : Vol 13. California.



**Tabel I**  
**Temperatur dan Tekanan (*flowing*) Sumur "X"**

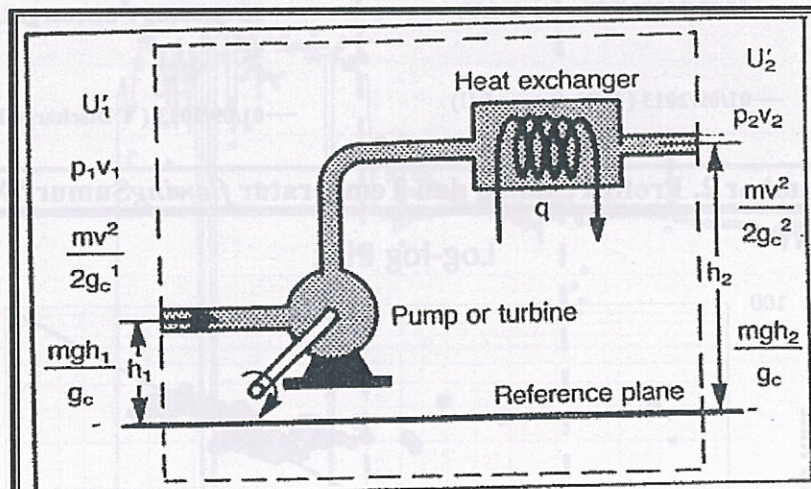
Date	Depth (meter)	Status	Temperatur Reservoir (°C)	Tekanan Reservoir (bara)
15/02/08	1095	<i>flowing</i>	237,17	32,7
01/09/2013	1095	<i>flowing</i>	216,73	16,42

**Tabel II**  
**Nilai Tekanan Alir Dasar Sumur dan Tekanan Kepala Sumur "X"**

Date	Depth (meter)	$P_{wf}$ (bara)	$P_{wh}$ (bara)	Laju Alir (kg/s)	Kalibrasi Reservoir
15/02/08	1095	31,83	30,3	17	
01/09/2013	1095	21,76	20,15	17	

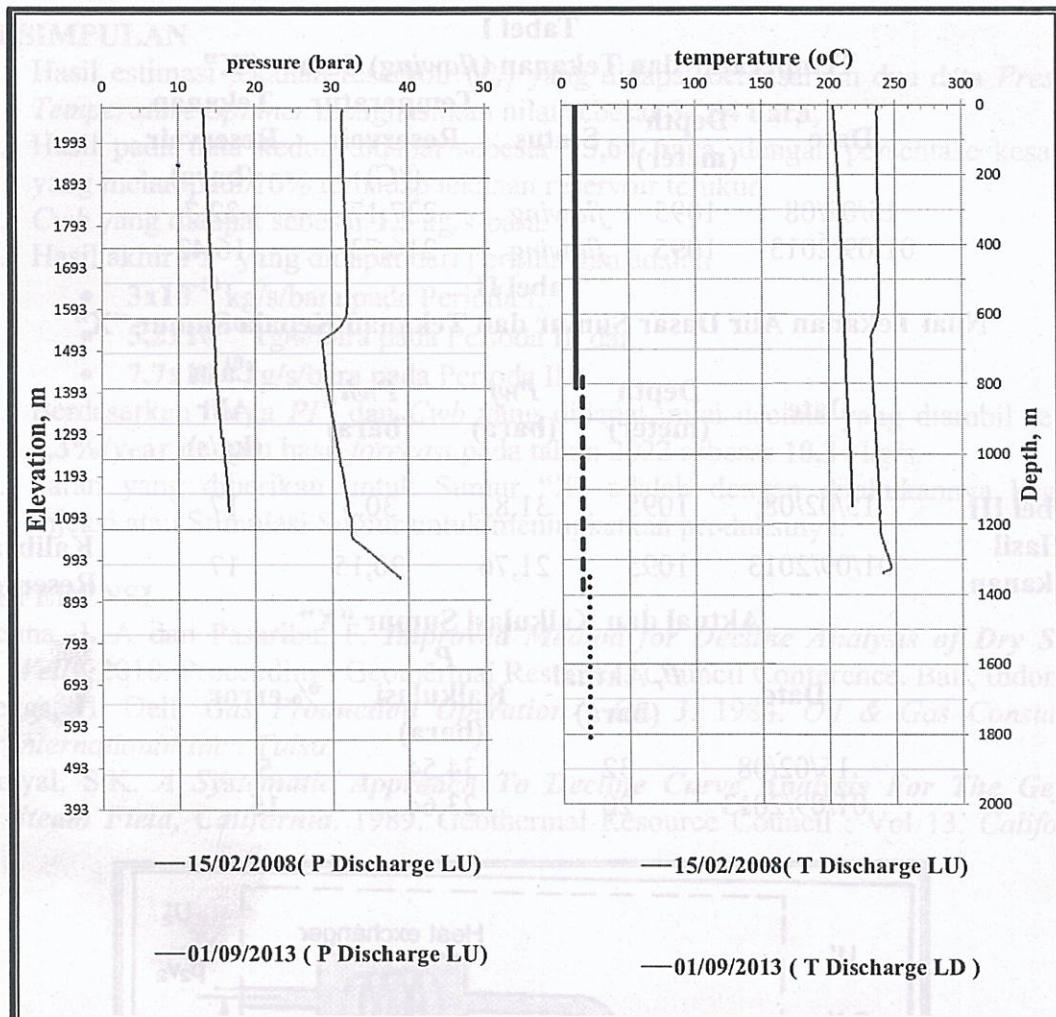
**Aktual dan Kalkulasi Sumur "X"**

Date	$P_r$ Aktual (bara)	$P_r$ Kalkulasi (bara)	% error
15/02/08	32	34,54	5
01/09/2013	20	23,64	15

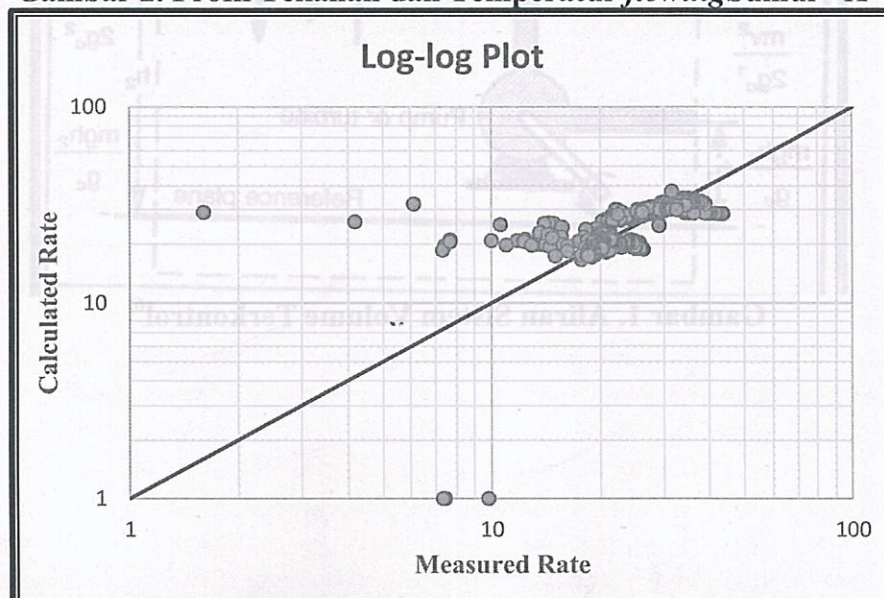


**Gambar 1. Aliran Sistem Volume Terkontrol<sup>6)</sup>**



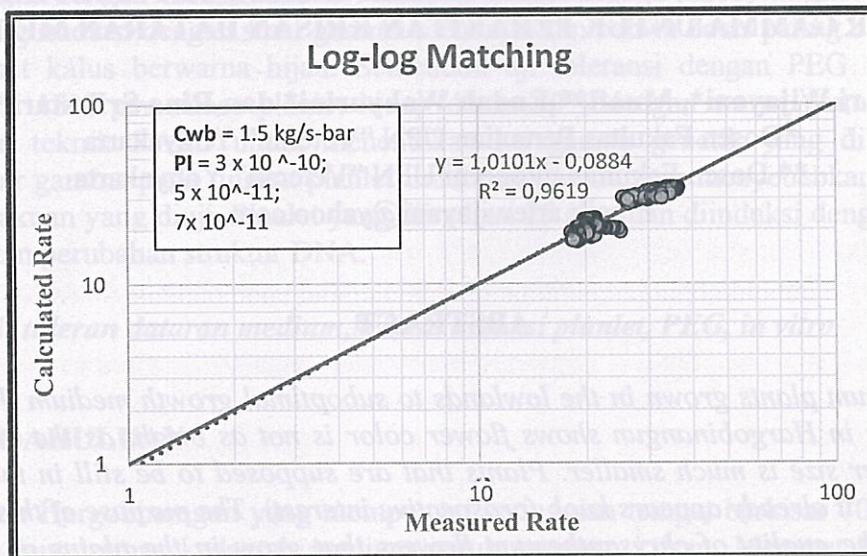


Gambar 2. Profil Tekanan dan Temperatur *flowing* Sumur "X"

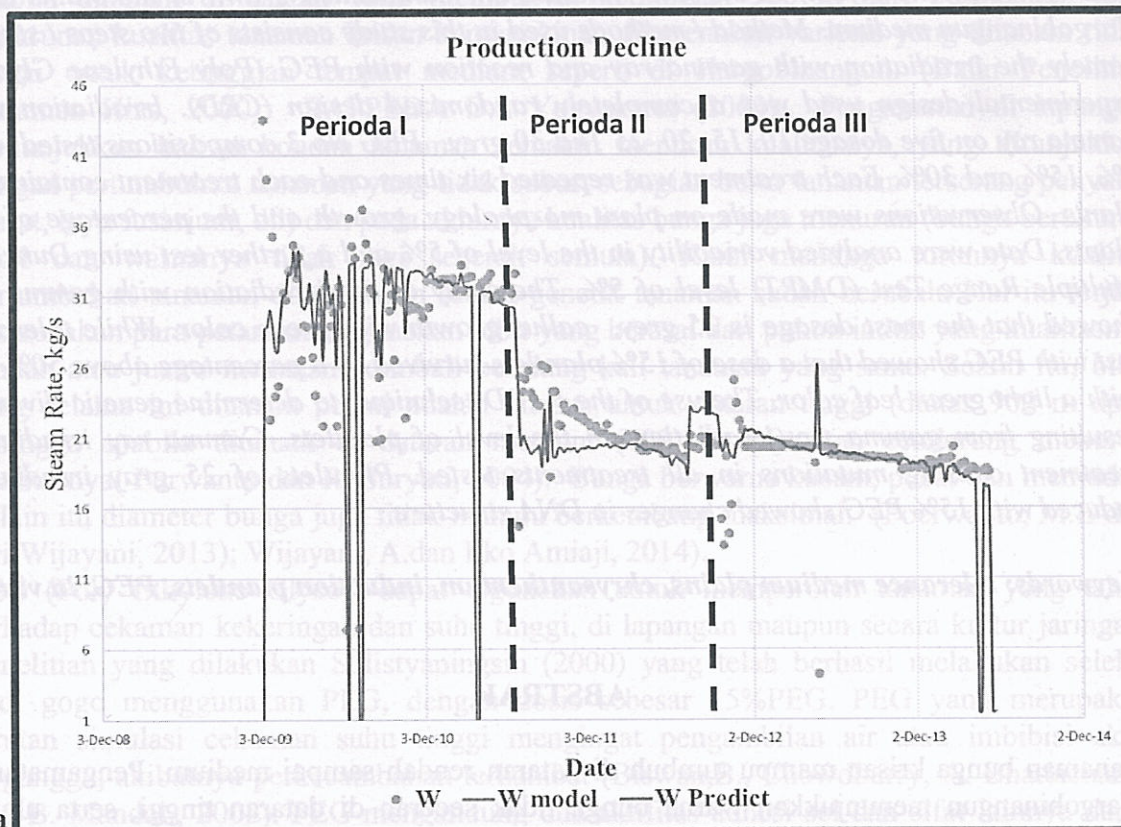


Gambar 3. Log-log Plot  $W_{meas}$  dan  $W_{calc}$  Sumur "X"





Gambar 4. Log-log Matching  $W_{meas}$  dan  $W_{calc}$  Sumur "X"



Gambar 5. Matching  $W_{meas}$  dan  $W_{calc}$  Sumur "X" sampai 2014

Gambar 6. Hasil Normalisasi Sumur "X"

Gambar 7. Hasil Forecast Sumur "X" Sampai Tahun 2022