

ENTHALPY DETERMINATION AND TWO PHASE WELLS DISCHARGE EVALUATION USING P&T DOWN HOLE MEASUREMENT AT ULUBELU FIELD

M. Husni Mubarak

PT. Pertamina Geothermal Energy
Menara Cakrawala 14th Floor, Jl. MH. Thamrin No. 09 Jakarta 10340
e-mail: husnimubarak@pertamina.com

ABSTRACT

Currently, PT. Pertamina Geothermal Energy is developing Ulubelu geothermal field, located at Tanggamus, Lampung, Indonesia. This field is producing steam that is dedicated to supply PLN Geothermal of Unit 1&2. Steam is produced from several wells, one of them is from well pad D. All of the wells at pad D are non-artesian wells that mean the fluids cannot be discharge naturally to the surface, thus, it should be stimulated by air compression system.

The probability of successfull well discharge rates can be predicted by Af/Ac method, where Af and Ac are the area of flashing and condensation respectively. The numbers of Af and Ac are calculated from well pressure and temperature (P&T) down hole measurements. The well will be successfully discharged when the number of Af/Ac more than 0.85. In addition, the total enthalpy of the wells also can be calculated from P&T data. Main feed zones of the wells are determined by the pivot point of the pressure in a certain depth; furthermore, by checking the temperature in a steam table, it will result the total enthalpy. Besides that, the mass flow of wells can be predicted by the injectivity graph which is calculated from other well testing. However, this prediction has 50% error and can be applied if the casing and well head arrangement are identic.

From the experiences at Ulubelu field, the accuracy of enthalpy prediction from P&T data analyses is varying between 92.88% to 99.16%. According to the results, the method of total enthalpy by P&T data is valid. Moreover, Af/Ac method is valid for well discharge evaluation because the accuracy is 100% that mean it is applicable for other wells. The result of the injectivities graph are varying from 49% to 94% which indicating the total mass flow prediction using the well injectivities are not quite accurate and need further research for the improvement.

PENDAHULUAN

Setelah sumur panasbumi selesai di bor, perlu dilakukan uji produksi. Uji produksi dilakukan untuk menentukan karakteristik sumur berdasarkan laju aliran massa (uap dan brine) pada beberapa tekanan kepala sumur (TKS) yang bervariasi. Secara umum metode uji produksi dapat dibagi menjadi 3 (tiga) bagian, uji lip tegak, lip datar, dan separator. Uji lip tegak dilakukan pada saat pertama kali sumur di buka. Uji tegak bertujuan untuk memperoleh gambaran secara kasar potensi pembangkitan listrik suatu sumur panasbumi. Selain itu, uji ini juga berguna untuk membersihkan sumur-sumur dari kotoran dan lumpur pemboran. Secara prinsip, uji lip datar sama dengan tegak, hanya merubah posisi pipa lip dari vertikal menjadi horisontal. Namun, pada uji lip datar, fluida dua fasa di *flashing* pada silencer. Silencer berfungsi untuk meredam suara dan *memflashing* semburan fluida dua fasa panasbumi, pada silencer dilengkapi dengan sebuah weir box yang dilengkapi dengan v-notch. V-Notch tersebut digunakan untuk menentukan laju alir brine. Prinsip perhitungan potensi sumur juga sama dengan metode uji lip tegak. Sebelum dilakukan uji produksi, perlu dilakukan prediksi keberhasilan discharge, entalpi total, dan laju alir total dua fasa sumur. Hal tersebut perlu dilakukan untuk membuat perencanaan fasilitas uji produksi serta tindak lanjut untuk stimulasi jika sumur tersebut merupakan *non artesian*.

Paper ini membahas tentang penentuan nilai entalpi total sumur dan analisa keberhasilan discharge sumur dua fasa menggunakan data survey P&T bawah permukaan. Selain itu, prediksi total flow juga ditentukan dengan menggunakan data injektivitas dari hasil uji kompleksi sumur. Analisa ini dilakukan pada sumur di lokasi Ulubelu Kluster-D, Lampung.

GAMBARAN SINGKAT TENTANG LAPANGAN PANASBUMI ULUBELU

Lapangan Panasbumi Ulubelu terletak di Propinsi Lampung, wilayah Kecamatan Ulubelu, Kabupaten

Tanggamus – Lampung, sekitar 100 km sebelah barat Bandar Lampung. Proyek Geothermal Ulubelu dapat dicapai dengan kendaraan roda empat melalui jalan beraspal dari Bandar Lampung ke Kecamatan Pulau Pangung, selanjutnya dilanjutkan ke arah Ulubelu melalui jalan berbatu dan sebagian besar beraspal kurang lebih 15 Km, dengan ketinggian rata-rata 800 meter di atas permukaan laut.

Lokasi sumur produksi dan reinjeksi terbagi dalam 5 (lima) Kluster sumur yang dinamakan Kluster A, B, C, D dan F. Adapun akses jalan dan ketersediaan infrastruktur pada lokasi proyek relatif cukup baik. Uap akan disuplai dari 3 Kluster (B, C dan D) dan *brine* yang dipisahkan di separator akan diinjeksikan bersama kondensat dari pembangkit ke sumur injeksi di kluster A dan F.

METODE UJI PRODUKSI

Diagram alir penentuan potensi sumur menggunakan uji lip, dapat dilihat pada **Gambar.1**.

Dari ketiga metode uji, metode separator lebih akurat dibandingkan dengan metode lip. Prinsipnya yaitu fluida dua fasa dipisahkan di separator, uap dan *brine* keluar secara terpisah dari outlet separator. Laju uap dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur orifice meter, sedangkan laju *brine* diukur dengan menggunakan weir box yang dilengkapi dengan V-Notch.

Sumur UBL-11 merupakan sumur dua fasa yang tidak dapat mengeluarkan fluida secara otomatis ke permukaan (*Non Artesian Well*). Hal ini terjadi karena tekanan hidrostatiknya lebih tinggi dari tekanan reservoir. Tekanan hidrostatik ini diakibatkan oleh level air yang tinggi di kolom casing sehingga *driving force* untuk fluida panasbumi agar dapat keluar ke permukaan tidak cukup. Jadi perlu dilakukan stimulasi untuk mengeluarkan fluida tersebut.

Sebelum dilakukan stimulasi, prediksi keberhasilan discharge dapat diprediksi dengan melakukan pendekatan perbandingan Af/Ac , dimana Af adalah luas area flashing dan Ac sebagai luas area kondensasi. Kriteria nilai Af/Ac untuk memprediksi peluang keberhasilan discharge dapat dilihat pada **Tabel. 1**.

Prediksi nilai entalpi total sumur dua fasa dapat ditentukan dengan menggunakan data $T_{\text{reservoir}}$ dari hasil pengukuran P&T. $T_{\text{reservoir}}$ diambil dari temperatur *Main Feed Zone* (MF) bukan dari T maksimum dalam sumur. T pada MF tersebut dapat ditentukan dari hasil beberapa pengukuran P&T, dimana terjadi perpotongan garis P (*Pivot Point*) pada kedalaman tertentu kemudian diambil T pada

perpotongan tersebut. Dengan menggunakan *steam table*, maka entalpi total dapat ditentukan.

Prediksi total fluida dua fasa sumur, dapat ditentukan dengan menggunakan grafik korelasi total flow dengan injektivitas. Grafik korelasi tersebut dicari dari data hasil uji produksi sumur-sumur sebelumnya pada kluster-C (**Gambar. 2**) dimana diperoleh persamaan polinomial. Korelasi tersebut dapat digunakan untuk prediksi dengan syarat *casing* produksi berukuran $13 \frac{3}{8}$ " dan master valve 12" karena sumur-sumur yang dijadikan korelasi memiliki ukuran *casing* produksi $13 \frac{3}{8}$ " dan master valve 12".

PREDIKSI KEBERHASILAN DISCHARGE, PENENTUAN TOTAL FLOW, DAN EN TALPI SUMUR

Sebelum sumur dua fasa di uji, perlu dilakukan analisa keberhasilan *discharge*, dengan menggunakan pendekatan Af/Ac . Hal ini perlu dilakukan agar dapat diketahui secara dini perlu atau tidaknya dilakukan stimulasi sumur.

Total laju alir dan entalpi total sumur dua fasa juga perlu diprediksi. Hal tersebut perlu dilakukan untuk desain fasilitas uji produksi meliputi pemipaan dan separator.

Prediksi Keberhasilan Discharge

Prediksi keberhasilan discharge menggunakan pendekatan Af/Ac dilakukan pada sumur UBL-11, UBL-12, dan UBL-14 yang terletak pada kluster-D.

Af dan Ac dapat ditentukan dengan membuat grafik boiling pada data P&T. Af dan Ac sumur UBL-11 dapat dilihat pada **Gambar. 3**, nilai $Af=0,1$ dan $Ac=12$, perbandingan $Af/Ac = 0,01$.

Untuk UBL-12 (**Gambar. 4**), nilai $Af=0,1$ dan $Ac=11$, perbandingan $Af/Ac = 0,01$. Sedangkan pada UBL-14 (**Gambar. 5**), nilai $Af = 1$ dan $Ac = 15$, perbandingan $Af/Ac = 0,06$

Ketiga sumur memiliki nilai $Af/Ac < 0.85$, sehingga ketiganya tidak akan discharge dengan sendirinya (*non artesian well*). Untuk membuat sumur tersebut discharge, perlu dilakukan stimulasi. Stimulasi dapat dilakukan dengan menggunakan udara bertekanan atau *well to well stimulation*. *Well to well stimulation* merupakan suatu metode stimulasi sumur yang non artesian dengan menggunakan fluida dua fasa sumur lain dalam satu Kluster.

Prediksi Total Flow

Dengan menggunakan persamaan korelasi (polinomial) pada **Gambar. 2** dan data injektivitas sumur, total laju alir dua fasa sumur dapat ditentukan.

Injektivitas sumur UBL-11 adalah 2025.25 liter/menit, sehingga laju alir totalnya adalah 199.18 ton/jam. UBL-12 memiliki nilai injektivitas sebesar 1052.63 liter/menit dan laju alir totalnya 109.67 ton/jam. Untuk UBL-14, besaran injektivitasnya yaitu 356.47 liter/menit dan laju alir totalnya 38.63 ton/jam.

Prediksi Entalpi Total Sumur

Dari hasil pengukuran P&T UBL-11 pada **Gambar 3**, maka, *Main Feed Zone* berada di kedalaman 1890 mkt dengan tekanan dan temperatur pada pivot point sebesar 114,6 kg/cm² dan 282,9 °C. Posisi water level yang jauh berada di atas PCS (*production casing shoe*) dan index injektivitas yang cukup besar membuat kondisi entalpi fluida pada kondisi statik (*compressed liquid*). Prediksi ketika fluida *flowing* memiliki entalpi sebesar 1252 kJ/kg. Dari **Tabel 2**, maka diperoleh fraksi uap sebesar 23,06 %.

Pada sumur UBL-12 (**Gambar 4**), *Main Feed Zone* berada di kedalaman 1997 mkt (pivot point) dengan tekanan dan temperatur pada pivot point sebesar 121,1 kg/cm² dan 277,4 °C. Kondisi fluida pada kondisi statik (*compressed liquid*). Prediksi ketika fluida *flowing* memiliki entalpi sebesar 1221 kJ/kg. Dari **Tabel 3**, maka diperoleh fraksi uap sebesar 21,50 %.

Untuk sumur UBL-14 (**Gambar 5**), *Main Feed Zone* berada di kedalaman 1772 mkt (pivot point) dengan tekanan dan temperatur pada pivot point sebesar 104,57 kg/cm² dan 274,22 °C. Fluida berada pada kondisi statik (*compressed liquid*). Prediksi ketika fluida *flowing* memiliki entalpi sebesar 1207,11 kJ/kg. Dari **Tabel 4**, maka diperoleh fraksi uap sebesar 20,80 %.

Entalpi tersebut merupakan entalpi *liquid* (h_f) yang di ambil dari *steam table*, entalpi liquid tersebut juga merupakan entalpi total (H) dengan asumsi kondisinya adalah *isenthalpic*. Hal tersebut dapat di lihat pada persamaan entalpi total :

$$H = h_{f(T=feedzone)} + \left(x \cdot h_{fg(T=feedzone)} \right)$$

Karena kondisinya *compressed liquid*, $x = 0$, maka :

$$H = h_{f(T=feedzone)} + \left(0 \cdot h_{fg(T=feedzone)} \right)$$

$$H = h_{f(T=feedzone)}$$

Fraksi uap dan entalpi digunakan sebagai acuan prediksi dalam uji produksi, desain fasilitas uji dan validasi data.

HASIL DAN DISKUSI

Pendekatan Af/Ac Sebagai Evaluasi Discharge Sumur

Prediksi discharge sumur menggunakan pendekatan Af/Ac dapat dibuktikan dengan melakukan bleeding gas pada sumur. Untuk ketiga sumur (UBL-11, UBL-12, dan UBL-14) memiliki nilai Af/Ac lebih kecil dari 0.85. Artinya sumur tersebut merupakan *non artesian*.

Setelah dilakukan bleeding gas, fluida pada ketiga sumur tersebut tidak keluar ke permukaan, hal ini menunjukkan bahwa pendekatan Af/Ac cukup akurat untuk memprediksi keberhasilan discharge sumur.

Perbandingan Prediksi Total Laju Alir dengan Hasil Uji Produksi Metode Separator

Total flow yang diprediksi menggunakan grafik korelasi, hasilnya dibandingkan dengan uji produksi metode separator. Pada **Tabel 5** terlihat bahwa penyimpangan nilai total laju alir antara prediksi dengan uji produksi metode separator sumur UBL-11 sebesar 70%,

Untuk sumur UBL-12 dan UBL-14 penyimpangannya masing-masing sebesar 49% dan 91% (**Tabel 6** dan **Tabel 7**). Rentang penyimpangan prediksi dengan aktual yaitu 49% sampai dengan 91%. Penyimpangan yang cukup besar tersebut dapat diakibatkan oleh data injektivitas sumur pada saat uji kompleksi yang belum valid dan susunan casing maupun kepala sumur yang di prediksi tidak identik dengan sumur yang dijadikan model korelasi.

Perbandingan Prediksi Entalpi Total Sumur dengan Hasil Uji Produksi Metode Separator

Dari **Gambar 6**, terlihat bahwa Entalpi (H) pada *Main Feedzone* sumur UBL-11 sebesar 1251,57 kJ/kg. Jika tekanan separasi (P_s) adalah 11 kscg atau 11,7 bara maka temperatur separasinya (T_s) sebesar 183,12 °C. Karena diasumsikan *isenthalpic*, maka nilai H -nya juga sebesar 1251,57 kJ/kg dengan fraksi uap (X) = 23,06 %.

Dari hasil uji produksi, pada $P_s = 11,7$ bara besarnya H yaitu 1268,8 kJ/kg dengan fraksi uap (x) = 23,84 %. Terdapat selisih 17,28 kJ/kg dengan kondisi *isenthalpic*nya dan persentase perbedaannya sebesar 1,36%.

Dari **Gambar 7**, Entalpi pada *Main Feedzone* sumur UBL-12 sebesar 1221 kJ/kg. Pada $P_s = 11,7$ bara maka temperatur separasinya (T_s) sebesar 183,12 °C. Karena kondisinya *isenthalpic*, maka nilai H -nya juga sebesar 1221 kJ/kg dengan fraksi uap (X) = 21,50 %.

Dari hasil uji produksi, pada $P_s = 11,7$ bara besarnya H yaitu 1231,3 kJ/kg dengan fraksi uap (X) = 22,02 %. Terdapat selisih 10,3 kJ/kg dengan kondisi

*isenthalpic*nya dan persentase perbedaannya sebesar 0,84%.

Dari **Gambar 8**, Entalpi pada *Main Feedzone* sumur UBL-14 sebesar 1207,11 kJ/kg. Pada $P_s = 11,7$ bara maka temperatur separasinya (T_s) sebesar 183,12 °C. Karena diasumsikan *isenthalpic*, maka nilai H-nya juga sebesar 1207,11 kJ/kg dengan fraksi uap (X) = 20,80%

Dari hasil uji produksi, pada $P_s = 11,7$ bara besarnya H yaitu 1299,60 kJ/kg dengan fraksi uap (X) = 25,45 %. Terdapat selisih 92,49 kJ/kg dengan kondisi *isenthalpic*nya dan persentase perbedaannya sebesar 7,12%.

Pada daerah MF diambil entalpi liquid (h_f), karena pada daerah MF kodisinya merupakan *compressed liquid*. Dengan kata lain h_f tersebut juga merupakan entalpi total (H), tentunya dengan mengasumsikan kondisi yang *isenthalpic*.

Pada kondisi yang aktual, H dari *Main Feedzone* sampai dengan separator tidak mungkin sama, karena di sepanjang jalur tersebut diperkirakan ada *pressure loss* dan *mixture enthalpy* dari *Main Feedzone* dari kedalaman yang lebih dalam yang mengakibatkan penurunan nilai entalpinya.

KESIMPULAN

Prediksi keberhasilan discharge sumur dua fasa menggunakan pendekatan A_f / A_c dapat digunakan dengan tingkat keberhasilan 100% di Ulubelu khususnya pada Kluster-D.

Prediksi entalpi menggunakan data survey P&T memberikan hasil dengan akurasi antara 92,88% sampai dengan 99,16% dibandingkan hasil aktual melalui uji produksi. Dengan demikian prediksi entalpi sumur menggunakan data hasil survey P&T bawah permukaan dapat digunakan dan hasilnya valid.

Hasil aktual laju alir total dua fasa sumur-sumur di Kluster-D yang diperoleh dari hasil uji produksi memberikan hasil yang bervariasi dibandingkan dengan prediksi menggunakan data injektivitas dari sumur-sumur tersebut. Variasi hasil ini memiliki rentang error antara 49% sampai dengan 94%. Untuk mendapatkan hasil prediksi total fluida dua fasa yang mendekati hasil aktual uji produksi, maka data injektivitas sumur pada saat uji kompleksi harus valid dan susunan casing maupun kepala sumur yang di prediksi identik dengan sumur yang dijadikan model korelasi.

REFERENSI

DiPippo, Ronald. 2007. *Geothermal Power Plants*. Dartmouth.

Grant, M. A; Donaldson, L. G; Bixley, P. F., 1982. *Geothermal Reservoir Engineering*. New York.

Hirowatari, Kazuo. 1986. *Field Training of Geothermal Production Engineering*. Kyushu University. Japan.

Sarmiento, Zammy. 2010. *Well Discharge Stimulation Techniques*. Presentation in Geothermal Drilling Course. Indonesia.

SNI 13-6987-2005. Fluida Sumur Panasbumi-Prosedur Uji Alir. Jakarta.

SNI 13-7123-2005. Kriteria Peralatan Uji Alir Fluida Sumur Panasbumi. Jakarta.

Tabel 1. Kriteria Nilai A_f/A_c Dalam Prediksi Peluang Keberhasilan Discharge Sumur [Sarmiento]

Nilai A_f/A_c	Keterangan
$A_f/A_c < 0,70$	Peluang sumur discharge kecil
$A_f/A_c > 0,85$	Peluang sumur discharge besar
$A_f/A_c = 0,70 - 0,85$	Peluang sumur discharge tidak pasti

Tabel 2. Prediksi Fraksi Uap Sumur UBL-11 Berdasarkan Data Entalpi Yang Diperoleh Dari Data P&T

PARAMETER	SIMBOL	SATUAN	HASIL
Entalpi Total Dua Fasa	H	kJ/kg	1252
Elevasi	E	mdpl	821
Tekanan Atmosfer	P_{atm}	bara	0,92
Tekanan Separasi	P_s	kg/cm ²	11,00
		barg	10,79
		bara	11,71
Temperatur Saturasi	T_s	°C	186,77
Entalpi Steam	h_g	kJ/kg	2783,60
Entalpi Brine	h_f	kJ/kg	792,99
Steam fraction = $(H-h_f)/(h_g-h_f)$	x	%	23,06%

Tabel 3. Prediksi Fraksi Uap Sumur UBL-12 Berdasarkan Data Entalpi Yang Diperoleh Dari Data P&T

PARAMETER	SIMBOL	SATUAN	HASIL
Entalpi Total Dua Fasa	H	kJ/kg	1221
Elevasi	E	mdpl	821
Tekanan Atmosfer	P_{atm}	bara	0,92
Tekanan Separasi	P_s	kg/cm ²	11,00
		barg	10,79
		bara	11,71
Temperatur Saturasi	T_s	°C	186,77
Entalpi Steam	h_g	kJ/kg	2783,60
Entalpi Brine	h_f	kJ/kg	792,99
Steam fraction = $(H-h_f)/(h_g-h_f)$	x	%	21,50%

Tabel 4. Prediksi Fraksi Uap Sumur UBL-14 Berdasarkan Data Entalpi Yang Diperoleh Dari Data P&T

PARAMETER	SIMBOL	SATUAN	HASIL
Entalpi Total Dua Fasa	H	kJ/kg	1207,11
Elevasi	E	mdpl	821
Tekanan Atmosfer	P _{atm}	bara	0,92
Tekanan Separasi	P _s	kg/cm ²	11,00
		barg	10,79
		bara	11,71
Temperatur Saturasi	T _s	°C	186,77
Entalpi Steam	h _g	kJ/kg	2783,60
Entalpi Brine	h _f	kJ/kg	792,99
Steam fraction = (H-hf)/(hg-hf)	x	%	20,80%

Tabel 5. Potensi Sumur UBL-11 Berdasarkan Prediksi dan Hasil Uji Produksi

PREDIKSI			AKTUAL (HASIL UJI PRODUKSI)			Δ Perbedaan %
Parameter	Nilai	Satuan	Parameter	Nilai	Satuan	
Sumur	= UBL-11		Sumur	= UBL-11		
Injectivity	= 2025,25	lpm	Injectivity	= 2025,25	lpm	
Total Flow	= 199,18	TPJ	Total Flow	= 662,41	TPJ	
Dryness	= 0,23		Dryness	= 0,23		
Fow uap	= 45,93	TPJ	Fow uap	= 155,00	TPJ	
Flow Brine	= 153,25	TPJ	Flow Brine	= 507,41	TPJ	
Specific Steam Consumption	= 8,00	TPJ / MW	Specific Steam Consumption	= 8,00	TPJ / MW	
Prediksi Potensi	= 5,74	MW	Prediksi Potensi	= 19,38	MW	70%

Tabel 6. Potensi Sumur UBL-12 Berdasarkan Prediksi dan Hasil Uji Produksi

PREDIKSI			AKTUAL (HASIL UJI PRODUKSI)			Δ Perbedaan %
Parameter	Nilai	Satuan	Parameter	Nilai	Satuan	
Sumur	= UBL-12		Sumur	= UBL-12		
Injectivity	= 1.052,63	lpm	Injectivity	= 1.052,63	lpm	
Total Flow	= 109,67	TPJ	Total Flow	= 227,38	TPJ	
Dryness	= 0,23		Dryness	= 0,22		
Fow uap	= 25,29	TPJ	Fow uap	= 50,07	TPJ	
Flow Brine	= 84,38	TPJ	Flow Brine	= 177,31	TPJ	
Specific Steam Consumption	= 8,00	TPJ / MW	Specific Steam Consumption	= 8,00	TPJ / MW	
Prediksi Potensi	= 3,16	MW	Prediksi Potensi	= 6,26	MW	49%

Tabel 7. Potensi Sumur UBL-14 Berdasarkan Prediksi dan Hasil Uji Produksi

PREDIKSI			AKTUAL (HASIL UJI PRODUKSI)			Δ Perbedaan %
Parameter	Nilai	Satuan	Parameter	Nilai	Satuan	
Sumur	= UBL-14		Sumur	= UBL-11		
Injectivity	= 356,47	lpm	Injectivity	= 356,47	lpm	
Total Flow	= 38,63	TPJ	Total Flow	= 355,00	TPJ	
Dryness	= 0,21		Dryness	= 0,25		
Fow uap	= 8,04	TPJ	Fow uap	= 89,78	TPJ	
Flow Brine	= 30,59	TPJ	Flow Brine	= 265,22	TPJ	
Specific Steam Consumption	= 8,00	TPJ / MW	Specific Steam Consumption	= 8,00	TPJ / MW	
Prediksi Potensi	= 1,00	MW	Prediksi Potensi	= 11,22	MW	91%

1. TKS → bar.a
2. Plip (Pc) → bar.a
3. Dlip → cm
4. Patm → bar
5. Tres → °C
6. Asumsi Steam Consumption → (ton/jam) / MW

$$H = h_{f(T-reservoir)} + (x h_{g(T-reservoir)})$$

karena pada reservoir x=0, maka

$$H = h_{f(T-reservoir)} + (0 h_{g(T-reservoir)})$$

$$H = h_{f(T-reservoir)}$$

Diasumsikan sistemnya Isentalpi

$$M_{total} = \left(\frac{0.184}{H^{1.102}} \right) \cdot (A_{tp}) \cdot (P_t^{0.96}) \cdot (3600) \rightarrow \text{Persamaan Russel James}$$

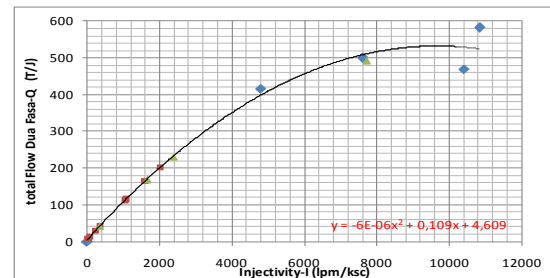
$$x(dryness) = \frac{(h_{f(T-reservoir)} - h_{f(P-TKS)})}{h_{g(P-TKS)}}$$

$$M_{up} = M \cdot x$$

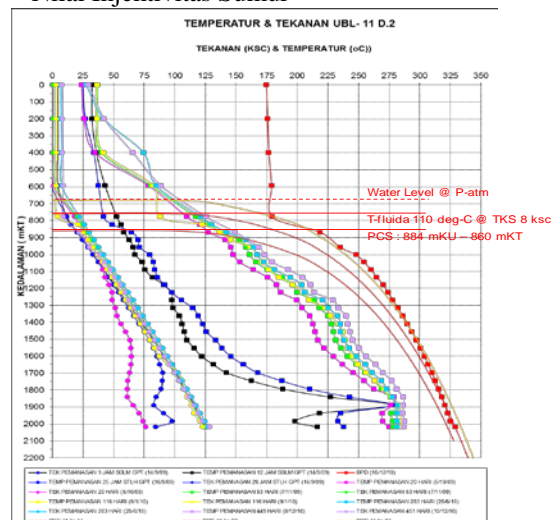
$$M_{down} = (M - M_{up})$$

$$\text{Kapasitas Pembangkitan Sumur} = \frac{M_{up}}{\text{Steam Consumption}}$$

Gambar 1. Prediksi Fraksi Uap Sumur UBL-14 Berdasarkan Data Entalpi Yang Diperoleh Dari Data P&T



Gambar 2. Grafik Prediksi Total Flow Berdasarkan Nilai Injektivitas Sumur



Gambar 3. Nilai Af dan Ac Sumur UBL-11 Berdasarkan data P&T

