

PENENTUAN *FLOW RATE* SUMUR LHD-SY WILAYAH KERJA PANAS BUMI LAHENDONG BERDASARKAN SURVEI *PTS LOGGING*

Fatma^{1*}, Sheehan Johanis Elisa Karamoy¹, Adelia Rohani¹

¹Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Balikpapan

*E-mail: fatmarfan@gmail.com

ABSTRACT

The "LHD-SY" geothermal well is a production well located in the "KR" Cluster of PT Pertamina Geothermal Energy Lahendong Area. To understand the characteristics of the geothermal well that can produce optimally, a well test was conducted using the PTS Logging survey method. PTS Logging is a survey method used to obtain subsurface values such as pressure, temperature, and fluid flow rate by measuring spinner rotation speed. The analysis is carried out by calibrating the spinner data to convert it into fluid velocity, which is then used to determine the flow rate. Based on the calculations, it can be concluded that the flow rates at depths of 1,100, 1,318, 1,472, and 1,600 mMD are 86.13, 78.40, 68.43, and 45.03 m³/min, respectively. This shows that the flow rate at the four depths falls within the range of 20-100 m³/min, which is considered a moderate flow rate. Therefore, it can be concluded that the "LHD-SY" well has good potential and can proceed to the production stage.

Keywords: *PTS Logging, Lahendong Geothermal, Geothermal flow rate*

ABSTRAK

Sumur Panas Bumi "LHD-SY" merupakan sumur produksi yang berada di Cluster "KR" PT Pertamina Geothermal Energy Area Lahendong, guna mengetahui karakteristik sumur panas bumi yang dapat berproduksi secara optimal dilakukan pengujian sumur dengan melakukan metode survei PTS Logging. PTS Logging ialah metode survei yang dilakukan untuk mendapatkan nilai di bawah permukaan seperti nilai tekanan, suhu, dan laju aliran fluida melalui pembacaan kecepatan putaran (*spinner rotation*). Analisis dilakukan dengan melakukan kalibrasi dari data spinner untuk diubah menjadi *fluid velocity*, selanjutnya untuk menentukan nilai *flow rate*. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai *flow rate* secara berurutan untuk kedalaman 1.100, 1.318, 1.472, dan 1.600 mMD ialah 86,13, 78,40, 68,43, dan 45,03 m³/min, hal ini menunjukkan bahwa *flow rate* di keempat kedalaman berada pada rentang nilai 20-100 m³/min dan ini mengacu pada tingkat sedang atau dapat disebut sebagai *moderate flow rate*, sehingga dapat disimpulkan bawah sumur "LHD-SY" memiliki potensi yang cukup baik, dan dapat dilanjutkan pada tahap produksi.

Kata kunci: PTS Logging, Panas Bumi Lahendong, Laju Alir Panas Bumi

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia merupakan satu sumber energi alternatif dalam sektor pembangkitan listrik (Susanto and Toha, 2022). Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2014, pengertian atas Panas Bumi ialah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, serta batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetika tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem Panas Bumi (Astuti and Eddyono, 2022).

Berdasarkan data yang dikutip dari Rencana Kerja 2020-2024 Kementerian ESDM, hingga triwulan IV 2019 Kapasitas terpasang dari energi panas bumi di Indonesia sudah sebesar 2130,7 MW atau peringkat kedua dari seluruh dunia, ini disebabkan oleh percepatan yang dilakukan oleh PLTP Ulubelu dan PLTP Lahendong (Marry, 2017).

Lapangan panas bumi Lahendong merupakan salah satu sumber daya panas bumi terbesar di Indonesia karena manifestasi dari gunung-gunung berapi aktif (Kusuma, et. al., 2018). Sistem panas bumi di wilayah ini dibagi menjadi dua kategori pada suhu reservoir yaitu bersuhu sangat tinggi (350°C) di Selatan dan suhu sedang (250°C) di Utara. Potensi sumber daya panas bumi di Lahendong diperkirakan mencapai 200 MWe. Besarnya potensi ini menjadi alasan untuk dilakukannya survei PTS (*Pressure-Temperature Snipper*). Hal ini untuk memastikan besaran nilai laju alir (*flow rate*) fluida pada sumur LHD-SY, nilai tersebut berperan dalam penentuan potensi produksi (*productivity index*) suatu sumur panas bumi dilihat dari tingkat klasifikasi *flow rate* yang dihasilkan, semakin tinggi nilai *flow rate* maka semakin besar nilai potensi produksi suatu sumur, namun batasan masalah pada penelitian ini tidak sampai pada menentukan *productivity index*.

METODE PENELITIAN

Area penelitian dilakukan di Sumur LHD-SY yang merupakan salah satu sumur produksi di Cluster KR Wilayah Kerja Panas Bumi Lahendong. Sumur tersebut berlokasi di desa Tondangow, Kecamatan Tomohon Selatan, Kota Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara yang di Kelola oleh PT Pertamina Geothermal Energy Area Lahendong. Sumur tersebut dibor pada bulan Februari 2015 dengan kedalaman mencapai 2799 mMD.

Pressure-Temperature Spinner Tools

Pengukuran Pressure dan Temperature dilakukan dengan alat PTS (*Pressure-Temperature*

Spinner) yang telah dimasukkan ke dalam sumur (Gambar 1). PTS merupakan suatu alat yang digunakan untuk pengukuran di bawah permukaan pada sumur panas bumi yang berfungsi untuk mengetahui tekanan, temperatur, dan laju alir fluida produksi (Naufalia, 2018). Alat ini dapat difungsikan dikondisi tekanan dan suhu bawah permukaan yang sangat tinggi. *Wireline tool* atau kabel dengan putaran pada baling-baling dan fluida yang melewatinya disebut *spinner*. Permukaan baling-baling menampilkan putaran per menit (RPM) atau putaran per detik (RPS) (Narendropdhipo, 2017). Hasil pengukuran akan diolah dan disimulasikan untuk memvalidasi data, kecepatan putaran *spinner* akan berbanding lurus dengan kecepatan fluida. *Spinner* akan berputar semakin cepat, jika fluida melewatinya secara cepat (Meilani, 2010).



Gambar 1. *Alat Pressure-Temperature Spinner.*

PTS Logging

PTS Logging merupakan proses pengumpulan data yang berada di bawah permukaan yang mengumpulkan pembacaan tekanan, suhu, dan laju aliran fluida untuk memastikan parameter sumur, ini dilakukan pada saat proses sumur diinjeksi (*PTS Injection*), berproduksi (*PTS Flowing*), dan dalam keadaan ditutup (*PTS Shut-in*). Sumur injeksi PTS berguna untuk menentukan *Injectivity Index* (II), ketebalan dan *feedzone*, serta tekanan, suhu, dan laju aliran sumur. Lokasi dan ketebalan *feedzone* yang sebelumnya dihitung pada PTS Injeksi, dapat dikonfirmasi dengan PTS Flowing (Ramdhan, et. al., 2020). Selain itu, *Productivity Index* (PI) sumur dan kontribusi masing-masing *feedzone* dapat dipastikan dari temuan *PTS Flowing*. Untuk memastikan aliran antar zona terjadi di dalam sumur (Putri, et. al., 2023). *PTS Shut-in* menunjukkan kondisi kecepatan stabilisasi sumur setelah penutupan. Saat *spinner* mencatat pembacaan laju aliran dalam putaran per menit, Alat PT akan mencatat pembacaan tekanan dan suhu dalam bar untuk tekanan dan Celcius untuk suhu. Pembacaan putaran perlu dikalibrasi ke kecepatan fluida (*Fluid Velocity*) dan pengukuran tekanan dan suhu perlu diambil sebagai nilai rata-rata (Kamah, 2005).

Slope

Slope adalah kemiringan pada garis tren yang menghubungkan dua titik data yang menunjukkan perubahan cepat pada nilai seiring dengan perubahan waktu. Nilai *slope* dihitung sebagai hasil dari perbedaan kecepatan kabel untuk setiap lintasan menghasilkan variasi laju aliran fluida yang dicatat oleh spinner (Rasyid and Prastio, 2023). Hasil perhitungan *slope* dilakukan untuk setiap kedalaman, berdasarkan hasil yang diplot pada kurva. Nilai *slope* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Slope} = \frac{(N \times \sum xy) - (\sum x \times \sum y)}{(N \times) - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

N = Jumlah data

X = *Cable Speed*, m/min

Y = *Spinner Rotation*, rpm

Fluid Velocity

Fluid Velocity atau kecepatan aliran fluida adalah jarak yang ditempuh fluida dengan mengukur secara langsung aliran fluida pada pipa secara penuh. Pengolahan data memungkinkan dilakukannya perhitungan kecepatan aliran fluida di dalam sumur menggunakan parameter frekuensi putaran pada spinner (*spinner rotation*) dan kecepatan kabel (*cable speed*) (Menzies Philippine, 2021). Persamaan berikut digunakan untuk mencari nilai kecepatan aliran fluida sumur:

$$V_F = \frac{RPM}{Slope} - Cs \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

V_F = Kecepatan Aliran Fluida (m/min)

RPM = Spinner Rotation (rpm)

Cs = Kecepatan Kabel (m/min)

Slope = Kemiringan pada plot, fpm/rps

Flow rate

Laju alir fluida (*flow rate*) adalah ukuran volume pada cairan yang bergerak dalam jumlah waktu tertentu yang tergantung pada luas pipa dilalui cairan kemudian untuk menentukan laju aliran fluida yang mengalir pada diameter casing dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q = A \times V_F \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

Q = Laju alir fluida (m^3/min)

A = Luas penampang lubang (m^2)

V_F = Kecepatan Aliran Fluida (m/min)

Klasifikasi nilai flow rate berdasarkan tingkat produksi

1. *Flow Rate Rendah (Low Flow Rate)*: 0 - 20 m^3/min , umumnya dianggap kurang efisien untuk pengembangan energi panas bumi dan lebih sering ditemukan pada sumur dengan reservoir kecil atau di daerah yang kurang produktif.
2. *Flow Rate Sedang (Moderate Flow Rate)*: 20-100 m^3/min , menunjukkan potensi produksi yang cukup baik. Sumur dalam kategori ini dapat digunakan untuk aplikasi kecil hingga menengah, seperti pemanasan distrik atau pembangkit listrik kecil.
3. *Flow Rate Tinggi (High Flow Rate)*: > 100 m^3/min , sumur dengan *flow rate* tinggi sangat ideal untuk pembangkit listrik besar dan aplikasi industri. Reservoir yang memiliki karakteristik ini menunjukkan potensi tinggi untuk pengembangan jangka panjang.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 merupakan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian PTS Logging dari sumur LHD-SY dengan menggunakan *survey PTS Flowing*, data tersebut hanya diambil sebagian, sesuai kedalaman sebagai sampel. Pada Tabel 1 menunjukkan data Spinner yang terdiri dari *Cable Speed* (m/min) dan *Spinner Rotation* dalam rpm sesuai kedalaman, dan setiap 30,40, dan 25 menit data diplotkan berdasarkan perekaman parameter *log up* dan *log down* ketika spinner tersebut dimasukkan ke dalam *run in hole*.

Penentuan Slope

Untuk menentukan nilai slope (kemiringan) pada setiap kedalaman, data yang dikalkulasi ialah data *cable speed* (Tabel 1) sebagai nilai x dan data *rotation spinner* (Tabel 2) sebagai nilai y.

Pada Tabel 3. Menampilkan hasil slope untuk kedalaman 1100 mMD

Tabel 1. Data *Cable Speed*.

Depth (mMD)	Cable Speed (m/min)					
	LD 30	LU 30	LD 40	LU 40	LD 25	LU 25
1.100	30,8301	-31,33697	40,2181	-39,66478	25,33949	-25,77071
1.318	31,1849	-30,56576	41,3652	-37,40784	25,13208	-25,39319
1.472	30,5058	-30,3629	40,071	-39,695	25,4299	-26,2554
1.600	31,3205	-30,02426	40,47913	-44,96782	25,64507	-25,88053

Tabel 2. Data *Spinner Rotation*.

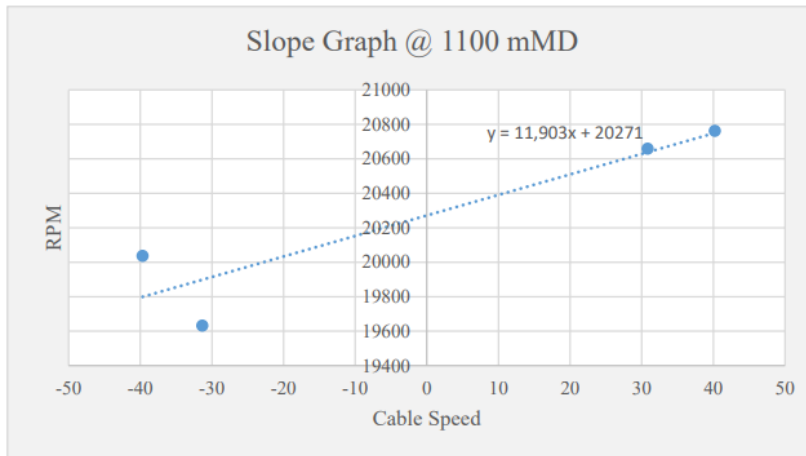
Depth (mMD)	Spinner Rotation (rpm)					
	LD 30	LU 30	LD 40	LU 40	LD 25	LU 25
1.100	20657,7	19631,5	20760,8	20036	20436,7	19641,1
1.318	19044,3	17962,7	19127,5	17599,4	18731,2	17889,4
1.472	16763,3	15402,5	16979,1	15381	16222,4	15512
1.600			10923,8		11103,2	10132,6

Tabel 3. Data Diameter casing.

Casing	Top	Bottom	ID (inch)	ID (m)
Slotted Liner 10-3/4"	1039	2074	10,05	0,25527
Slotted Liner 8-5/8"	2021	2767	8,097	0,20566

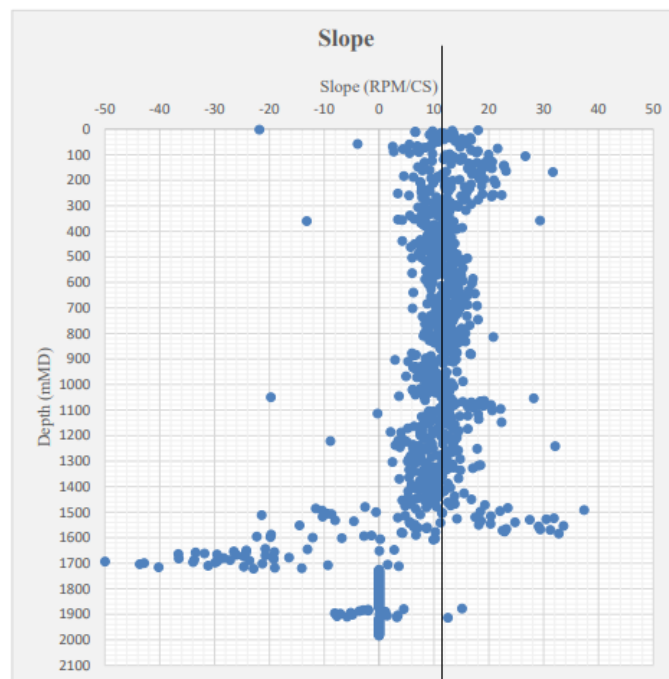
Tabel 4. Data hasil pengolahan untuk menentukan *slope*.

n	Y (RPM)	X (CS)	Y ²	X ²	XY
1	20657,7168	30,83008	426741263,9	950,494	636879,0310
2	19631,5218	-31,33697	385396648,7	982,006	-615192,5033
3	20760,8479	40,21810	431012806,2	1617,50	834961,8247
4	20036,0243	-39,66478	401442270,1	1573,29	-794724,4084
Σ	81086,1108	0,0464266	1644592988,9	5123,290	61923,943955



Gambar 2. Plot RPM dan *Cable Speed* untuk menentukan *slope*.

Sehingga ketika data Tabel 4 diolah ke dalam persamaan (1) didapatkan nilai *slope* untuk kedalaman 1.100 mMD ialah 11,903, selanjutnya data pada kedalaman tersebut dan yang sudah dihitung akan diplotkan dan digambarkan dalam bentuk grafik *slope* (*slope graph*) dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 didapatkan nilai *slope* perkedalaman pada keseluruhan data melalui rata-rata (*average*) nilai *slope* terbanyak yang di-*crossplot* pada data tersebut, selanjutnya dilakukan analisis plot (Gambar 3) dan sehingga saat ditarik garis lurus menunjukkan nilai rata-rata *slope* ialah 12.



Gambar 3. Plot nilai rata-rata *slope*.

Penentuan Fluid Velocity

Nilai rata-rata slope kemudian digunakan untuk menentukan fluid velocity (kecepatan alir fluida), melalui persamaan (2), seperti yang dirincikan pada perhitungan di bawah ini:

$$\begin{aligned} V_F &= \frac{RPM}{Slope} - C_s \\ &= \frac{20657,7}{12} - 30,8301 \\ &= 1690,65 \text{ m/min} \end{aligned}$$

Sehingga untuk setiap kedalaman nilai *fluid velocity* dihitung dan tertuang pada Tabel 5 dan mengambil nilai rata-rata fluid velocity sebagai nilai akhir

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai rata-rata *fluid velocity*.

Depth (mMD)	Fluid Velocity (m/min)						Rata-rata FV
1.100	1690,65	1667,30	1689,85	1709,33	1677,72	1662,52	1682,90
1.318	1555,84	1527,45	1552,59	1504,03	1535,80	1516,18	1531,98
1.472	1366,44	1313,90	1374,86	1321,45	1326,43	1318,92	1337,00
1.600	0	0	869,84	0	899,6	870,26	879,91

Penentuan Flow rate

Nilai *flow rate* didapatkan melalui persamaan (3) seperti dirincikan pada perhitungan di bawah ini dan ditampilkan di Tabel 6 untuk setiap kedalaman:

$$\begin{aligned} Q_{(1.100)} &= A \times V_F \\ &= \pi \left(\frac{1}{2} ID \right)^2 \times V_F \\ &= 3,14 \times 0,25 \times 0,255272 \times 1682,90 \text{ m/min} \\ &= 86,13 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

Tabel 6. Nilai *flow rate* untuk setiap kedalaman.

Depth (mMD)	Flow rate (m ³ /min)
1.100	86,13
1.318	78,40
1.472	68,43
1.600	45,03

Hasil Analisis

Survei PTS Logging dilakukan perkedalaman pada 40, 30 dan 25 menit berdasarkan parameter pengujian log down dan log up untuk menentukan nilai *flow rate*. Dari survei PTS Logging nilai *cable speed* dan *spiner rotation* didapatkan, selanjutnya kedua data tersebut dilakukan kalibrasi melalui *crossplot* untuk menentukan nilai slope dengan mengacu pada nilai yang stabil di menit pengujian sumur, sehingga didapatkan angka rata-rata nilai slope ialah 12. Perhitungan lanjutan dilakukan untuk menentukan nilai *fluid velocity* yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai *flow rate*. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *flow rate* per masing-masing kedalaman 1.100, 1.318, 1.472, 1.600 ialah 86,13, 78,40, 68,43, dan 45,03 m³/min. Jika mengacu pada klasifikasi *flow rate* berdasarkan tingkat produksi maka untuk semua kedalaman mengacu pada tingkat *flow rate* sedang atau disebut juga sebagai *moderate flow rate*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai *flow rate* secara berurutan untuk kedalaman 1.100, 1.318, 1.472, dan 1.600 mMD ialah 86,13, 78,40, 68,43, dan 45,03 m³/min, hal ini menunjukkan bahwa *flow rate* di keempat kedalaman berada pada rentang nilai 20-100 m³/min dan ini mengacu pada tingkat sedang atau dapat disebut sebagai *moderate flow rete*, sehingga dapat disimpulkan bawah sumur LHD-SY memiliki potensi yang cukup baik, dan sehingga dapat dilanjutkan pada tahap produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusun berterima kasih kepada pimpinan PT. Pertamina Geothermal Energy Area Lahendong, yang telah mengizinkan untuk melakukan pengambilan data dalam keperluan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, T. S., and Eddyono, L. W. (2022). Dinamika Pengaturan Dan Kepastian Hukum Kewenangan Pemerintah Pusat Atas Pengelolaan Pemanfaatan Tidak Langsung Panas Bumi. *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, 11(3), pp. 493-510.
- Ramdhan, F., Bambang, K. and Feny, S. (2020). Analisis Hasil Pts Survey Pada Saat Kompleksi Untuk Menentukan Zona Produksi Sumur “X” Lapangan Wayang Windu. *Seminar Nasional Cendekiawan*, pp. 368–378.
- Joseph Kabigting, N. V, Alvarez, R. R. и Menzies Philippine, A. J. (2021). Use of Pressure-

- Temperature-Spinner Surveys to Characterize Geothermal Production Well Behavior". *World Geothermal Congress*, (October), pp. 1–10.
- Kamah, M. Y. (2005). The Productive Feed Zones Identified Based on Spinner Data and Application in the Reservoir Potential Review of Kamojang Geothermal Area, Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress*, pp. 24–29.
- Kusuma, G.A., Mangindaan, G., and Pakiding, M., 2018. Analisa Efisiensi Thermal Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5 dan 6 di Tompaso. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(2), pp.123-134.
- Marry, R. T. (2017) „Panas Bumi Harta Karun Yang Terpendam Menuju Ketahanan Energi“, *Jurnal Ketahanan Nasional*, 23(2), p. 93.
- Meilani, H. and Wuryandani, D. (2010). Potensi Panas Bumi sebagai Energi Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 1(1), pp. 47–74.
- Narendropdhipo, I., Kasmugin, S., and Kustono, B. (2017). Analisa Survei PTS Flowing Untuk Menentukan Produktivitas Sumur Panas Bumi Menggunakan WellBore Simulator. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 1(1), pp. 2540–7589.
- Naufalia, G. (2018) „Penentuan Parameter Reservoir Geothermal Pada Sumur C Lapangan K Menggunakan PTS Survey Dan GPT. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 4, pp.338–340.
- Putri, D.D., Nurhayati, N., Habsari, I.K. and Mayasari, N.L.P.I. (2023). Comparison of two set pathotypic-specific primers to detect newcastle disease virus. *Research Article*, 11(12), pp.1978-1985.
- Rasyid, A. and Prastio, E., 2023. Analisa Perilaku Reservoir Geothermal Menggunakan Metode Pressure, Temperature, Spinner (PTS) dan Gross Permeability Test. *Syntax Idea*, 5(10), pp.1800-1811.
- Susanto, F. F. M., and Toha, K. (2022). Aspek Hukum Pemanfaatan Investasi Asing Pada Pengusahaan Energi Panas Bumi Di Indonesia. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan)*, 6(4), pp. 2469-2478.