

**ANALISA PERILAKU RESERVOIR GEOTHERMAL MENGGUNAKAN
METODE PRESSURE, TEMPERATURE, SPINNER (PTS) DAN GROSS
PERMEABILITY TEST****Aly Rasyid^{1*}, Eko Prastio², Kevin³**^{1,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta RayaEmail: ^{1*}aly.rasyid@dsn.ubharajaya.ac.id, ²eko.prastio@dsn.ubharajaya.ac.id,
³kev.cnng@gmail.com**Abstrak**

Energi panas bumi telah menjadi salah satu energi alternatif penting di seluruh dunia selama beberapa tahun terakhir. *Well Completion* merupakan serangkaian tes untuk mendapatkan data karakteristik sumur. Analisis pada penelitian ini dilakukan pada sumur X lapangan Y secara kualitatif dan kuantitatif. Berdasarkan *quicklook* pada grafik PTS, *liquid level injection* 1200 GPM pada kedalaman 628 m melalui data pressure. Korelasi *temperature* dan *spinner* diperoleh *feedzone* pertama di 1074-1095 m, *feedzone* kedua di 1170-1195 m, *feedzone* ketiga di 1232-1234 m dan *feedzone* keempat di 2604-2611 m. Perhitungan nilai *slope* dapat ditentukan dengan melalui *spinner vs cable speed* di plot terhadap kedalaman. Nilai *slope* yang diperoleh berdasarkan adalah 7.2. Laju alir fluida yang diperoleh rata-rata pada *feedzone* pertama sebesar -1.27 m/s, *feedzone* kedua sebesar -1.42 m/s, *feedzone* ketiga sebesar -1.35 m/s dan *feedzone* keempat sebesar -2.27 m/s. Nilai laju alir massa pada *feedzone* pertama sebesar 11.06 kg/s dengan kontribusi 42%, *feedzone* kedua sebesar 8.08 kg/s dengan kontribusi 30%, *feedzone* ketiga sebesar 1.38 kg/s dengan kontribusi 6%, dan *feedzone* keempat sebesar 5.78 kg/s dengan kontribusi 22%. Berdasarkan *specific steam consumption* untuk menghasilkan 1 Mwe dibutuhkan 2 kg/s steam diperoleh estimasi produksi sekitar 13.15 Mwe. *Injectivity Index* (II) rata-rata sebesar 532.81 ton/hr/bar. *Pressure Fall Test* dilakukan untuk mengetahui penurunan pressure sehingga diperoleh nilai transimivitas, permeabilitas dan skin menggunakan *Horner Chart*. Nilai *slope* sebesar 0.352 ksc/cycle, tekanan awal sebesar 88.09 ksc dan tekanan 1 jam sebesar 88.23 ksc, permeabilitas diperoleh sebesar 7.38 mD dan *skin factor* sebesar -13.168 yang dapat diartikan adanya perbaikan pada reservoir.

Kata kunci: *Feedzone, Injectivity Index, Permeabilitas, PTS, Fall of Test***Abstract**

Geothermal energy has become one of the important alternative energies worldwide over the past few years. *Completion* is a series of tests to obtain data on good characteristics. The analysis in this study was carried out on well X field Y qualitatively and quantitatively. Based on a *quick look* at the PTS chart, *liquid level injection* is 1200 GPM at a depth of 628 m through pressure data. *Temperature and spinner correlations* were obtained: *first feed zone* at 1074-1095 m, *second feed zone* at 1170-1195 m, *third feed zone* at 1232-1234 m, and *fourth feed zone* at 2604-2611 m. The slope value calculation can be determined by *spinner vs. cable speed* in the plot against depth. The *slope* value obtained based on is 7.2. The average fluid flow rate obtained in the first feed zone was -1.27 m/s, the second feed zone was -1.42 m/s, the third feed zone was -1.35 m/s, and the fourth feed zone was -2.27 m/s. The mass flow rate value in the first feed zone was 11.06 kg/s with a contribution of 42%; the second feed zone was 8.08 kg/s

How to cite:	Aly Rasyid ¹ , Eko Prastio ² , Kevin ³ (2023), Analisa Perilaku Reservoir Geothermal Menggunakan Metode Pressure, Temperature, Spinner (PTS) dan Gross Permeability Test, (5) 10, https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v5i10.2933
E-ISSN:	2684-883X
Published by:	Ridwan Institute

with a contribution of 30%, the feed zone third was 1.38 kg/s with a contribution of 6%, and the fourth feed zone is 5.78 kg/s with a contribution of 22%. Based on *specific steam consumption*, to produce 1 Mwe required 2 kg / s steam obtained, estimated production of around 13.15 MWe. *The average Injectivity Index (II) was 532.81 tons/hr/bar. A pressure Fall Test is performed to determine the decrease in pressure so that transmissivity, permeability, and skin values are obtained using the Horner Chart. The slope value is 0.352 ksc / cycle, the initial pressure is 88.09 ksc, and the 1-hour pressure is 88.23 ksc; the permeability obtained is 7.38 mD, and the skin factor is -13.168 which can be interpreted as an improvement in the reservoir.*

Keywords: *Feedzone, Injectivity Index, Permeability, PTS, Fall of Test*

PENDAHULUAN

Energi panas bumi telah menjadi salah satu energi alternatif penting di seluruh dunia selama beberapa tahun terakhir. Energi terbarukan ini telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik khususnya di 24 negara seperti Amerika Serikat, Filipina, Indonesia, Meksiko dan Selandia Baru yang merupakan salah satu negara yang memiliki potensi besar dalam hal kapasitas daya listrik terpasang (Daniswara et al., 2019; Mahajan et al., 2006). Dalam hal pasokan energi primer yang tersedia, energi panasbumi memiliki kapasitas yang sangat kecil dibandingkan dengan energi lain seperti minyak, batubara, dan gas alam yang terdiri 31.7%, 29%, dan 21% dari masing-masing total energi primer pasokan di seluruh dunia.

Energi panas bumi berasal dari panas yang berasal dari dalam bumi (Buscato, 2012; Rachmarifqi et al., 2017). Energi yang dihasilkan dari sumber daya panas bumi bersifat terbarukan dan bersih (Siregar, 2022; Suyitno, 2022). Energi panas bumi juga sangat andal sehingga dapat menyediakan energi secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama dengan biaya yang kompetitif dalam memenuhi kebutuhan energi (Biru, 2020; Grant & Bixley, 2011).

Terletak di perbatasan lempeng tektonik, Indonesia diberkahi dengan cadangan energi panas bumi yang sangat besar. Potensi energi ini di Indonesia diperkirakan lebih dari 27.000 MWe yang merupakan cadangan energi panas bumi terbesar di dunia (Biru, 2020; Marisa et al., 2016). Dibandingkan dengan kebutuhan listrik Indonesia yang diproyeksikan sebesar 272,34 TWh pada tahun 2020 (rata-rata 31.089 MW) (Herianto et al., 2020; Mustofa, 2022), energi panas bumi dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam menyediakan penggunaan listrik bagi masyarakat Indonesia.

Namun pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia masih sangat kecil. Meskipun eksplorasi energi panas bumi untuk menghasilkan listrik telah dimulai lebih dari dua dekade yang lalu di beberapa ladang panas bumi, namun baru 1.189 MW listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga panas bumi di Indonesia. Besarnya cadangan dan segala keunggulan energi panas bumi hendaknya menjadi alasan kuat bagi pemerintah Indonesia untuk mendukung penuh eksplorasi sumber daya panas bumi dan mendorong pengembangan teknologi panas bumi (Axelsson & Steingrimsson, 2012; Furqan & Ridaliani, 2016; Zarrouk & McLean, 2019).

Perilaku atau karakter reservoir panas bumi merupakan bagian tahapan analisa untuk menentukan tipe maupun jenis reservoir yang paling diperhatikan karena digunakan untuk menentukan kelayakan lapangan secara ekonomis dan teknikal, juga untuk mencerminkan kemampuan produksi sumur. Karakter tersebut meliputi kedalaman dan besarnya kontribusi tiap *feedzone*, respon tekanan serta suhu dari reservoir.

Pada sumur panas bumi, terdapat beberapa survei yang dilakukan untuk mengetahui kondisi di dalam sumur dan kondisi reservoir (Martasari et al., 2023; Sanjaya, 2021). Salah satunya dengan *Pressure, Temperature, Spinner Survey* (Survei PTS). Sesuai dengan namanya, survei PTS bertujuan untuk mencatat data tekanan, suhu, serta laju alir dari fluida yang

mengalir di dalam sumur dengan menggunakan *spinner*. *Spinner* akan mencatat hasil berupa revolusi per detik dan menjadi laju alir massa setelah pengolahan data dilakukan (Keulana & Rizki, 2023; Lubis, 2022).

Penggunaan survei *Pressure-Temperature-Spinner* (PTS) untuk mengkarakterisasi kondisi (*downhole*) pada sumur produksi dan injeksi panas bumi telah lama menjadi praktik standar dalam industri panas bumi (Humaedi et al., 2016; Nuzli et al., 2023). Biasanya serangkaian survei dijalankan pada sumur, termasuk *uplogs* dan *downlogs* pada dua atau lebih kecepatan *logging* untuk mengkarakterisasi kondisi aliran dan memberikan informasi yang diperlukan untuk mengubah kecepatan *spinner* yang diukur menjadi aliran massa.

METODE PENELITIAN

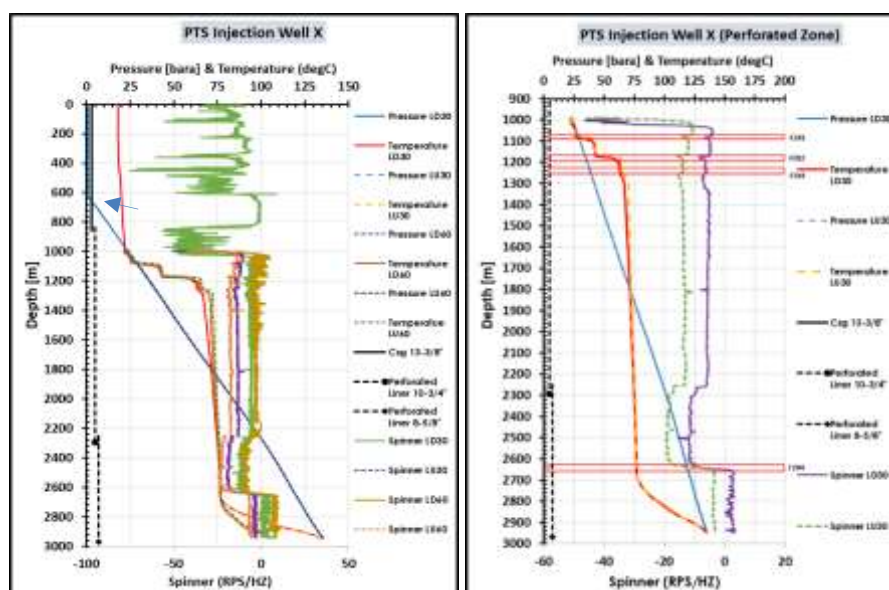
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dalam bentuk evaluasi analisis data secara kualitatif (*quicklook*) dan kuantitatif data PTS yang dilakukan pada saat *completion test* sumur geothermal kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan beberapa parameter terkait karakteristik sumur dan reservoir pada lapangan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan untuk mengetahui karakteristik dan potensi reservoir, dilakukan dalam beberapa tahapan berikut ini :

Quicklook PTS Graph

Setelah melakukan proses sorting data menggunakan *PivotTable* dan plot grafik data kedalaman vs data *pressure*, *temperature* dan *spinner* (PTS) *Injection* terhadap kedalaman 1200 GPM, maka dilakukan *quicklook analysis* untuk mengetahui letak *interest zone* (*feedzone*) melalui grafik. Indikasi letak *feedzone* dapat dilihat melalui trend grafik *temperature* yang mengalami kenaikan (*spike*) lalu kemudian dikorelasi dengan trend *spinner* sebagai pertanda adanya *feedzone* pada kedalaman tersebut. Trend *spinner* akan menunjukkan adanya *spike* karena putaran impeller yang berubah karena adanya zona *inflow* atau *outflow* pada reservoir. Sementara trend *pressure* digunakan untuk mengetahui *wellbore pressure* dan *liquid level*. Hal lain yang penting untuk memudahkan analisa yaitu informasi *well schematic* untuk mengetahui letak *casing perforated liner*.



Gambar 1. Grafik (a) *PTS All Section* - Grafik (b) *PTS Perforated Section*

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Pada grafik PTS diatas, dapat diperoleh bahwa jenis reservoir tersebut merupakan memiliki sistem 2 fasa dan beberapa data lain yang ditampilkan pada tabel dibawah ini :

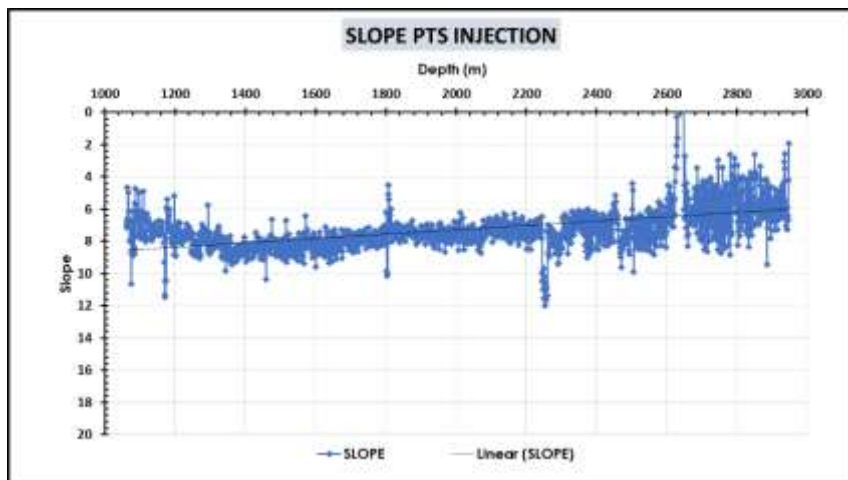
Tabel 1. PTS Graph Quicklook Result

Description	Value	Remarks
Feedzone#1	1074-1095 m	Inflow
Feedzone#2	1170-1195 m	Inflow
Feedzone#3	1232-1234 m	Inflow
Feedzone#4	2604-2611 m	Inflow
Liquid Level	628 m	1200 gpm
TOL 10-3/4"	835 m	Perforated
TOL 8-5/8"	2250 m	Perforated

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Pengolahan Data PTS Survey

Setelah mendapatkan gambaran singkat dari hasil *quicklook analysis* dari data PTS Injection, tahapan selanjutnya adalah pengolahan data PTS yang telah disederhanakan sebelumnya. Perhitungan nilai *slope* dapat ditentukan dengan melalui data *spinner vs cable speed* kemudian di plot terhadap kedalaman (*perforated zone*). Berdasarkan rata-rata *trend* yang dihasilkan, maka nilai *slope* yang diperoleh berdasarkan data PTS adalah 7.2. Nilai *slope* tersebut kemudian digunakan sebagai parameter untuk menentukan laju alir fluida (*fluid velocity*).



Gambar 2. Grafik Slope vs Depth (Perforated Zone)

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Nilai *slope* tersebut merupakan nilai rata-rata dari setiap *feedzone* dimana selanjutnya dapat dihitung *fluid velocity* atau laju alir fluida menggunakan persamaan (2.5) di Microsoft Excel. Beberapa parameter dibutuhkan sebagai data untuk menghitung *fluid velocity* seperti nilai *slope*, *spinner frequency* dan *cable speed* per kedalamannya. Dalam perhitungan ini, nilai *slope* akan dihitung sebagai rata-rata per interval kedalam *feedzone*, sementara untuk *fluid velocity* dilakukan 2 kali perhitungan yaitu *fluid velocity log down* dan *fluid velocity log up* lalu kemudian dihitung rata-rata *fluid velocity* berdasarkan hasil *log-down* dan *log-up*. Berikut dibawah ini merupakan tabel hasil perhitungan *fluid velocity* atau laju alir fluida :

Dari hasil perhitungan *fluid velocity* masing-masing *feedzone* maka diketahui laju alir fluida (*fluid velocity*) pada *feedzone#1* adalah -1.27 m/s, *feedzone#2* adalah -1.42 m/s, *feedzone#3* adalah -1.35 m/s dan *feedzone#4* adalah -2.27 m/s. Setelah mendapatkan nilai laju alir fluida, maka dapat dilakukan perhitungan laju alir massa (*mass rate*) persamaan (2.6) pada setiap kedalaman. Namun, dibutuhkan parameter seperti densitas fluida yang dapat diperoleh dari *steam table* dengan menggunakan fungsi temperature dimana terjadi perubahan densitas fluida akibat perubahan temperature didalam sumur dan data luas penampang casing yang diperoleh menggunakan persamaan (2.7). Berikut merupakan tabel hasil perhitungan *mass rate* atau laju alir massa :

**Tabel 2. Data Perhitungan Mass Rate PTS Injection Feedzone#1
FEEDZONE#1**

DEPTH	FLUID VELOCITY	FLUID DENSITY	ID CASING	MASS RATE
<i>[meter]</i>	<i>[m/s]</i>	<i>[kg/m3]</i>	<i>[m]</i>	<i>[kg/s]</i>
1074.918	-1.180745481	996.6918886	0.25019	-32.23149363
1075.918	-1.164906364	996.6803925	0.25019	-31.79875727
1076.918	-1.116295908	996.6696562	0.25019	-30.47149657
1077.918	-1.24725098	996.6533896	0.25019	-34.04561763
1078.918	-1.595830469	996.6380575	0.25019	-43.55995628
1079.918	-1.342591467	996.5569916	0.25019	-36.64453696
1080.918	-1.369277416	996.3281157	0.25019	-37.36431688
1081.918	-1.343893328	995.881509	0.25019	-36.65520748
1082.918	-1.357170996	995.371652	0.25019	-36.99840937
1083.918	-1.185999167	995.1839483	0.25019	-32.32592506
1084.918	-1.320669086	995.14435	0.25019	-35.99509375
1085.918	-1.359042186	995.1755818	0.25019	-37.0421226
1086.918	-1.299244345	995.2126835	0.25019	-35.41358982
1087.918	-1.302925758	995.105279	0.25019	-35.51010164
1088.918	-1.247005905	994.7776327	0.25019	-33.97486479
1089.918	-1.246671929	994.4478274	0.25019	-33.95450468
1090.918	-1.185657182	993.9870389	0.25019	-32.27773661
1091.918	-1.222464467	993.5002272	0.25019	-33.26346067
1092.918	-1.280922491	993.1736096	0.25019	-34.84265476
1093.918	-1.165629428	993.0420081	0.25019	-31.70234145
1094.918	-1.234349218	993.0123295	0.25019	-33.57035257
1095.918	-1.216152568	993.0055955	0.25019	-33.07523757
			MAX	-43.55995628
			MIN	-32.49701881
			ESTIMATE MASSRATE	-11.06293747

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

**Tabel 3. Data Perhitungan Mass Rate PTS Injection Feedzone#2
FEEDZONE#2**

DEPTH	FLUID VELOCITY	FLUID DENSITY	ID CASING	MASS RATE
<i>[meter]</i>	<i>[m/s]</i>	<i>[kg/m3]</i>	<i>[m]</i>	<i>[kg/s]</i>
1170.0418	-1.347058758	990.9254323	0.25019	-34.40198561

Analisa Perilaku Reservoir Geothermal Menggunakan Metode Pressure, Temperature, Spinner (PTS) dan Gross Permeability Test

1171.0418	-1.41350309	990.8990068	0.25019	-36.09791771
1172.0418	-1.416289742	990.8602257	0.25019	-36.16766741
1173.0418	-1.419386261	990.8312852	0.25019	-36.24568428
1174.0418	-1.483817338	990.7998448	0.25019	-37.88980467
1175.0418	-1.642272238	990.4055371	0.25019	-41.91931778
1176.0418	-1.572735674	987.6115388	0.25019	-40.03113357
1177.0418	-1.536436217	986.3339308	0.25019	-39.05660634
1178.0418	-1.536773837	985.6155508	0.25019	-39.03673626
1179.0418	-1.519060337	985.221892	0.25019	-38.57137073
1180.0418	-1.496893991	985.1723639	0.25019	-38.00662103
1181.0418	-1.455444181	984.7143594	0.25019	-36.93701706
1182.0418	-1.440941596	984.0779485	0.25019	-36.54532881
1183.0418	-1.38893844	983.7118538	0.25019	-35.21331384
1184.0418	-1.43228562	983.649842	0.25019	-36.30999201
1185.0418	-1.34076585	983.6686251	0.25019	-33.99051575
1186.0418	-1.363683339	983.6146175	0.25019	-34.56961189
1187.0418	-1.356495128	983.5143833	0.25019	-34.38388525
1188.0418	-1.357498935	983.3523005	0.25019	-34.4036587
1189.0418	-1.365728066	983.2173315	0.25019	-34.60746233
1190.0418	-1.355621903	983.1120975	0.25019	-34.34769617
1191.0418	-1.348188735	983.0136057	0.25019	-34.1559381
1192.0418	-1.340257439	982.6889235	0.25019	-33.94378612
1193.0418	-1.388114106	982.3797451	0.25019	-35.14475841
1194.0418	-1.381789278	982.2256843	0.25019	-34.97913775
1195.0418	-1.335752031	982.1107948	0.25019	-33.80977828
			MAX	-41.91931778
			MIN	-33.83008941
			ESTIMATE MASSRATE	-8.089228379

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

**Tabel 4. Data Perhitungan Mass Rate PTS Injection Feedzone#3
FEEDZONE#3**

DEPTH	FLUID VELOCITY	FLUID DENSITY	ID CASING	MASS RATE
<i>[meter]</i>	<i>[m/s]</i>	<i>[kg/m³]</i>	<i>[m]</i>	<i>[kg/s]</i>
1232.7638	-1.383698656	981.7864692	0.25019	-35.53247666
1233.7638	-1.358975594	981.8391809	0.25019	-34.89947824
1234.7638	-1.333367203	981.826511	0.25019	-34.24139433
			MAX	-35.53247666
			MIN	-34.14583847
			ESTIMATE MASSRATE	-1.386638191

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

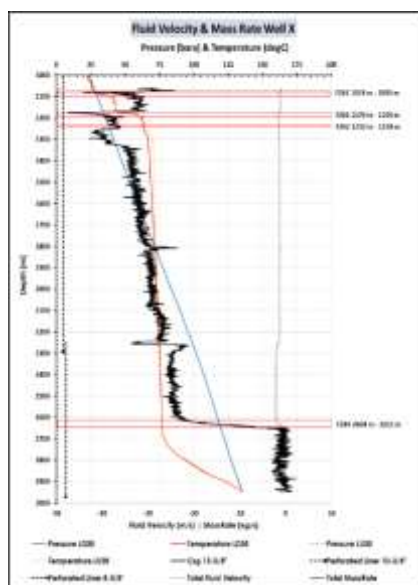
**Tabel 5. Data Perhitungan Mass Rate PTS Injection Feedzone#4
FEEDZONE#4**

DEPTH	FLUID VELOCITY	FLUID DENSITY	ID CASING	MASS RATE
--------------	-----------------------	----------------------	------------------	------------------

[meter]	[m/s]	[kg/m ³]	[m]	[kg/s]
2604.6289	-2.47004156	945.2085887	0.19558	-42.25290497
2605.6289	-2.163716323	945.1676229	0.19558	-37.01125491
2606.6289	-2.253518639	945.1363269	0.19558	-38.546084
2607.6289	-2.287548363	945.1009747	0.19558	-39.12669354
2608.6289	-2.281618027	945.0514793	0.19558	-39.02321609
2609.6289	-2.310022453	945.0251688	0.19558	-39.50792579
2610.6289	-2.087936041	944.9892208	0.19558	-35.70826086
2611.6289	-2.322702172	944.9549247	0.19558	-39.72183214
			MAX	-42.25290497
			MIN	-36.46903617
			ESTIMATE MASSRATE	-5.783868803

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Dari hasil perhitungan *mass rate* masing-masing *feedzone* maka diketahui laju alir massa (*mass rate*) pada *feedzone#1* adalah -11.06 kg/s, *feedzone#2* adalah -8.08 kg/s, *feedzone#3* adalah -1.38 kg/s dan *feedzone#4* adalah -5.78 kg/s. Dengan menggunakan konsep *mass & heat balance* dimana diasumsikan jumlah fluida yang masuk kedalam *feedzone* sama dengan jumlah fluida yang keluar dari *feedzone*, maka dapat diperoleh estimasi *mass rate* dari masing-masing *feedzone* dan estimasi total kapasitas sumur. Pada kedalaman 1074-1095 m, dianggap sebagai *main feedzone* karena memberikan kontribusi paling besar diantara *feedzone* lainnya. Dapat dilihat berdasarkan *well schematic* untuk kedalaman *feedzone#4* berada pada *perforated liner 8-5/8"* sementara *feedzone 1,2 & 3* berada pada *perforated liner 10-3/4"* dimana luas penampang casing mempengaruhi laju alir fluida dan massa sepanjang sumur. Setelah mendapatkan hasil perhitungan berikut merupakan grafik plot *fluid velocity* dan *mass rate* vs kedalaman:



Gambar 3. Grafik Mass Rate, Fluid Velocity, PT vs Depth
 Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Namun, nilai analisa berdasarkan *PTS Injection survey* tersebut harus dikorelasi dan koreksi kembali dengan data setelah sumur produksi yaitu *PTS Flowing survey* untuk

mendapatkan *Productivity Index* dan *PT Shut In survey* untuk memastikan aktual *mass rate* (kapasitas sumur) dan letak *feedzone*.

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan fluid *velocity*, *mass rate* dari sumur X berdasarkan kedalaman *feedzone* untuk menentukan presentase kontribusi masing-masing *feedzone*, kemudian dapat juga dihitung estimasi potensi produksi dengan asumsi *flow rate* 2 kg/s *steam* dapat menghasilkan output 1 Mwe listrik, yaitu :

Tabel 6. Feedzone Interval, Mass Rate & Contribution

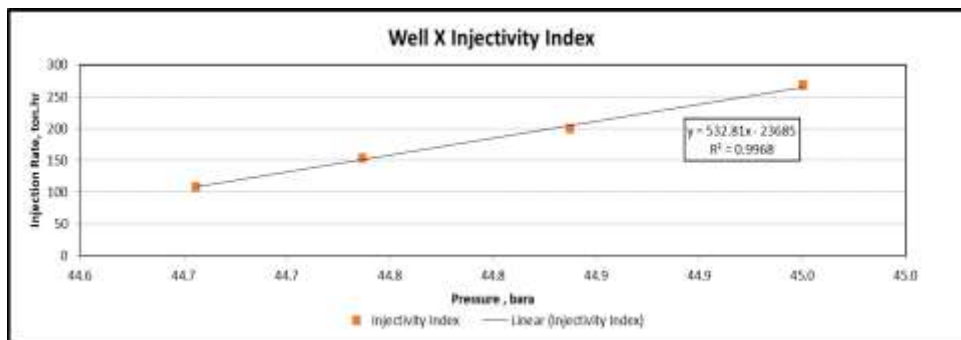
Feedzone	Depth (m)	Fluid Vel (m/s)	Mass Rate (kg.s)	Contribution
1	1074-1095 m	1.27	11.06	42%
2	1170-1195 m	1.43	8.08	30%
3	1232-1234 m	1.35	1.38	6%
4	2604-2611 m	2.27	5.78	22%
Estimate Total Mass Rate (kg/s)			26.3	
Estimate Production (Mwe)			13.15	

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Pengolahan Data Injectivity Test & Pressure Fall of Test

Reservoir geothermal diklasifikasikan sebagai *dual porosity* karena memiliki dua porositas berupa porositas rekahan dan porositas matriks melalui matriks batuan dan *fracture*/rekahan yang saling berhubungan. Sehingga asumsi nilai porositas *dual porosity* adalah 0.1. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai *gross permeability* reservoir dilakukan metode *injectivity test* untuk mengetahui nilai *injectivity index* dan *pressure fall of test* untuk mengetahui *skin factor* pada reservoir tersebut.

Dari hasil MRI (*multi rate injectivity test*) diperoleh nilai tekanan dengan laju injeksi yang berbeda yaitu 1200 GPM, 900 GPM, 700 GPM dan 500 GPM pada kedalaman 1400 m. Kemudian nilai tekanan yang diperoleh diplot dengan masing-masing rate injeksi atau dengan dapat dihitung dengan persamaan (2.9) sehingga didapatkan nilai II (*injectivity index*) sebesar 532.81 ton/hr/bara. Hasil II tersebut tergolong sangat besar, dimana reservoir mampu menerima air/memiliki daya serap atau tampung dari air yang diinjeksikan dalam jumlah yang besar. Pada umumnya, jika suatu sumur memiliki nilai II yang cukup besar digunakan sebagai sumur injeksi untuk menjaga reservoir sistem.

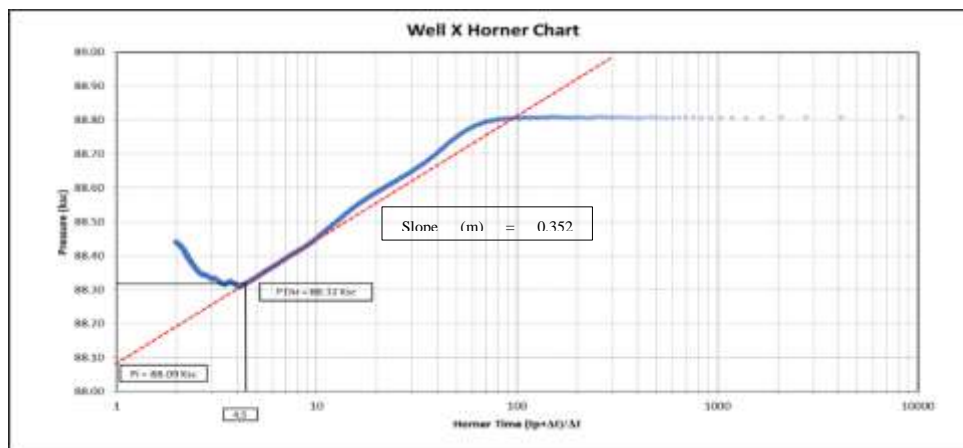


Gambar 4. Grafik Mass Rate, Fluid Velocity, PT vs Depth

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Setelah *injectivity test*, dilakukan program *pressure fall of test* (PFOT) dengan mematikan pompa (*shut in*), tujuannya untuk melihat penurunan *pressure transient* sebagai data untuk memperoleh nilai transimivitas, permeabilitas dan *skin*. Untuk menentukan nilai

tersebut dibutuhkan parameter lainnya dengan cara data *pressure* diplot dengan fungsi waktu menggunakan Metode Horner untuk mendapatkan nilai *slope* dan tekanan awal (initial pressure) untuk menghitung permeabilitas dan *skin factor*.



Grafik 5. Mass Rate, Fluid Velocity, PT vs Depth

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Berdasarkan hasil analisa menggunakan Horner Chart, dengan menggunakan persamaan untuk memperoleh *slope* dengan menentukan 2 titik pada grafik maka diperoleh nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0.352 ksc/cycle, tekanan initial (P_i) sebesar 88.09 ksc dan tekanan 1 jam (P_{1hr}) sebesar 88.32 ksc. Setelah diperoleh nilai *slope*, maka dapat dihitung nilai permeabilitas, transmisivitas dan *skin* dengan menggunakan persamaan (2.10 & 2.11). Terdapat beberapa data sebagai parameter perhitungan seperti viskositas, laju injeksi, ketebalan *feedzone*. Berikut data yang digunakan untuk menentukan nilai permeabilitas :

Tabel 7. Data Perhitungan Permeabilitas

Parameter	Nilai
Viskositas Fluida, kg/m-s	0.000103067
Laju Injeksi, m ³ /s	0.075708
Slope, ksc/cycle	0.352105931
Feedzone Thickness (h), m	55

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (2.10) maka diperoleh nilai permeabilitas rata-rata sebesar 7.38 mD. Nilai permeabilitas matriks batuan pada reservoir panas bumi tergolong sangat kecil yaitu 1-100 mD. Setelah diperoleh nilai permeabilitas, maka dapat dihitung factor *skin* pada reservoir untuk mengetahui adanya *initial formation damage* akibat aktivitas pemboran dan injeksi pada saat survei berlangsung. Beberapa parameter lain yang dibutuhkan untuk menghitung *skin factor* seperti data porositas, kompresibilitas, viskositas, permeabilitas, dan *wellbore radius* yang disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 8. Data Perhitungan Skin Factor

Parameter	Nilai
Viskositas Fluida, kg/m-s	0.000103067
Laju Injeksi, m ³ /s	0.075708
Slope, ksc/cycle	0.352105931
Feedzone Thickness (h), m	55
Compressibility (Ct), Pa ⁻¹	0.00000000300

Initial Pressure (Pi), ksc	88.09
Pressure @ 1 hr (P1hr), ksc	88.32
Permeability (k), mD	7.38
Porosity (ϕ), fraction	0.1
Wellbore Radius, m	0.125095

Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Dengan menggunakan persamaan (2.11) untuk menghitung *skin factor*, maka diperoleh nilai *skin* pada reservoir tersebut sebesar -13.1658 dimana dalam klasifikasi nilai *skin* bernilai negatif yang artinya adanya perbaikan pada kondisi reservoir tersebut (tidak adanya *formation damage*). Secara umum, analisa kualitatif dan kuantitatif yang telah dilakukan pada sumur X menunjukkan potensi sumur yang baik, dimana dapat dimanfaatkan sebagai sumur injeksi karena nilai II yang sangat baik. Tes lanjutan masih harus dilakukan sebagai tahapan untuk mengkonfirmasi dan korelasi kondisi aktual ketika sumur diproduksi sehingga dapat diketahui nilai dari *Productivity Index* (PI) maupun dalam kondisi *shut-in*.

KESIMPULAN

Setelah melakukan semua proses dan tahapan berdasarkan diagram alir, maka dapat ditarik kesimpulan yang berlandaskan tujuan skripsi, antara lain : Reservoir sumur X memiliki karakteristik yang sangat baik karena memiliki potensi menjadi sumur injeksi dengan nilai Injectivity Index yang besar sehingga dapat difungsikan untuk menjaga (*maintain*) reservoir sistem. Reservoir pada Lapangan Y memiliki jenis reservoir dua fasa, dapat dilihat dari kedalaman sumur yang cukup dalam dan menembus zona *aquifer* (*below sea level*). Untuk data yang lebih akurat, dapat dilihat dari hasil *PT Shut-In survey* untuk menentukan *boiling point depth* dan dominasi fluida reservoir. Berdasarkan hasil analisa PTS *Injection*, ditemukan 4 *feedzone* yang dilihat melalui tren grafik *temperature*. *Main feedzone* (FZ#1) terletak pada kedalaman 1074-1095 m dengan potensi kontribusi sebesar 11.06 kg/s (42%), *feedzone* (FZ#2) terletak pada kedalaman 1170-1195 m dengan potensi kontribusi sebesar 8.08 kg/s (30%), *feedzone* (FZ#3) terletak pada kedalaman 1232-1234 m dengan potensi kontribusi sebesar 1.38 kg/s (6%), dan *feedzone* (FZ#4) terletak pada kedalaman 2604-2611 m dengan potensi kontribusi sebesar 5.78 kg/s (22%). Dengan asumsi 2.2 kg/s *steam* dapat menghasilkan 1 MWe listrik, maka potensi produksi dari sumur X tersebut adalah sekitar 13.15 Mwe dengan asumsi 2 kg/s *steam* dapat menghasilkan output listrik 1 MWe. *Injectivity Index* dari sumur X sebesar 532.81 ton/hr/bar, baik sebagai sumur injeksi). Nilai permeabilitas dari reservoir diperoleh sebesar 7.38 mD. Reservoir pada sumur X, memiliki nilai *skin factor* sebesar -13.1658 yang dapat diartikan bahwa adanya perbaikan terhadap kondisi reservoir (tidak terdapat *formation damage* selama aktivitas pemboran dan injeksi berlangsung).

BIBLIOGRAFI

- Axelsson, G., & Steingrimsson, B. (2012). Logging, testing and monitoring geothermal wells. *Proceedings of the "Short Course on Geothermal Development and Geothermal Wells"*, UNU-GTP and LaGeo.
- Biru, M. F. (2020). *Well testing and power plant scenario analysis for hverahlid geothermal field*. master's thesis, faculty of industrial engineering, mechanical engineering

- Buscato, N. M. (2012). Quantifying Feed Zone Contributions from Pressure-Temperature-Spinner Data and Pressure Transient Analysis Using Welltester. *Reykjavik: United Nations University*.
- Daniswara, M. R., Lestari, L., & Oetomo, R. H. K. (2019). ANALISIS KEBERADAAN FEEDZONE SUMUR Y BERDASARKAN HASIL ANALISIS PTS INJECTION DI LAPANGAN PANAS BUMI MRD. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*, 1–33.
- Furqan, M. B., & Ridaliani, O. (2016). Evaluasi Keberhasilan Matrix Acidizing dan Well Washing Sumur Panas Bumi Mbf–246 dan Miz–153 Lapangan F-25. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*.
- Grant, M. A., & Bixley, P. F. (2011). Geothermal Reservoir Engineering. /Malcolm A. Grant, Paul F. Bixley.
- Herianto, H., Kristiati, M. T., Bintarto, B., & Asmorowati, D. (2020). Analisa Indikasi Pembentukan Scaling Berdasarkan Simulasi Numerik Sumur Panas Bumi. *Seminar Nasional Teknik Kimia" Kejuangan"*, 1.
- Humaedi, M. T., Putra, A. P., Martikno, R., & Situmorang, J. (2016). A Comprehensive Well Testing Implementation during Exploration Phase in Rantau Dedap, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 42(1), 12010.
- Keulana, M., & Rizki, T. (2023). PENERAPAN METODE HIERARCHY ANALYTICAL PROCESS DALAM KEPUTUSAN PENGEMBANGAN SISTEM AIR MINUM DI KECAMATAN PATUMBAK KABUPATEN DELHI SERDANG. *Syntax Idea*, 5(3).
- Lubis, D. A. (2022). *Pengembangan Lapangan Geothermal Dengan Analisis Uji Produktivitas Sumur Menggunakan Metode Uji Sembur Datar Pada Sumur X Lapangan Geothermal Sorik Marapi*. Universitas Islam Riau.
- Mahajan, M., Pasikki, R., Gilmore, T., Riedel, K., & Steinback, S. (2006). Successes Achieved in Acidizing of Geothermal Wells in Indonesia. *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*, SPE-100996.
- Marisa, D., Putra, A., Irsamukhti, R., Martikno, R., Situmorang, J., Putra, A. P., & Humaedi, M. T. (2016). Karakterisasi Feed Zone dan Potensi Produksi Sumur Panas Bumi ML-XX Muara Laboh, Solok Selatan. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 313–321.
- Martasari, R. D., Mulhasyim, S., & Arifiyanto, D. (2023). Analisis Uji Permeabilitas Total Sumur Berdasarkan Well Completion Test Pada Sumur RL-25 Lapangan Panas Bumi Area CLX. *Jurnal Migasian*, 7(1), 42–52.
- Mustofa, M. L. (2022). *Studi Pengembangan Model Sumur Injeksi-Produksi Terhadap Produktifitas Reservoir Panas Bumi Dominasi Air Pada Lapangan Z Dengan Simulasi Numerik*. Universitas Islam Riau.
- Nuzli, M. I. A., Ratnaningsih, D. R., Kaesti, E. Y., & Suryansyah, R. B. (2023). STUDI ANALISA PENGARUH FLUIDA PEREKAH DAN UKURAN PROPANT

Analisa Perilaku Reservoir Geothermal Menggunakan Metode Pressure, Temperature, Spinner (PTS) dan Gross Permeability Test

TERHADAP FOLD OF INCREASE PADA SUMUR RB-14 LAPANGAN “PSD.”
Jurnal Teknologi Perminyakan Dan Panas Bumi, 1(1).

Rachmarifqi, A., Kasmungin, S., & Kustono, B. (2017). Identifikasi Kondisi dan Potensi Sumur Berdasarkan Data Pts Sumur X. *Jurnal Teknik Mesin Dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 2(02).

Sanjaya, R. (2021). *Analisis Pressure Loss Pada Pipa Salur Terhadap Laju Produksi Dengan Metode Orkiszewski Dan Analisis Nodal Di Sumur X Lapangan Y*. Universitas Islam Riau.

Siregar, A. D. (2022). Evaluasi Penggunaan Sistem Informasi Terhadap Pengelolaan Inventory Pada Gudang Kso-Formasi Sumatera Energi. *Syntax*, 4(3).

Suyitno, B. M. (2022). *Rekayasa Sistem Energi Nasional*.

Zarrouk, S. J., & McLean, K. (2019). *Geothermal well test analysis: fundamentals, applications and advanced techniques*.

Copyright Holder:

Aly Rasyid¹, Eko Prastio², Kevin³ (2023)

First publication right:

[Syntax Idea](#)

This article is licensed under:

