

REDESIGN POMPA ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP) DI SUMUR “AR-1, AR-2, AR-3” STRUKTUR “F dan L” FIELD “SKZ” PT PERTAMINA HULU ROKAN ZONA 1

Oleh: Fajrina Rizki Bahari

Pembimbing: Aries Prasetyo, M Linggar Rafsanjani

Teknik Perminyakan, ITSB, Kota Deltamas, Bekasi. Email: fajrinarizkib27@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini tentang *redesign* pompa *Electric Submersible Pump* (ESP) di sumur AR-1, AR-2, dan AR-3 struktur F dan L *field* SKZ. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui desain pompa ESP yang optimum pada kondisi sumur tertentu dan melihat perubahan kinerja sumur apabila dilakukan *upsizing* pompa dengan mengubah nilai parameter jumlah *operating frequency* dengan melakukan uji sensitivitas. Alur pengerjaan dari penelitian ini dimulai dengan pemaparan data sumur AR-1, AR-2, dan AR-3, pembuatan kurva IPR sumur, evaluasi ESP yang terpasang, desain ulang dengan *upsizing* sesuai dengan laju alir target sumur sebesar 50%-80% dari nilai laju alir maksimal (Q_{max}) / *Absolute Open Flow Potention* (AOF), uji sensitivitas frekuensi operasi pompa untuk mendapatkan hasil akhir desain ulang pompa ESP, serta penelitian akan dilakukan permodelan dengan menggunakan *software* produksi.

Sumur referensi AR-1 memiliki pompa terpasang TD-750 dengan 152 stages, frekuensi operasi 46 Hz, dan laju alirnya 959.1 BFPD, dari evaluasi pompa mengalami *upthrust* dan harus dilakukan *upsizing*. Sumur referensi AR-2 memiliki pompa terpasang TD-1200 dengan 133 stages, frekuensi operasi 38 Hz, dan laju alirnya 1222.8 BFPD, dari evaluasi pompa mengalami *upthrust* dan harus dilakukan *upsizing*. Sumur referensi AR-3 memiliki pompa terpasang TD-750 dengan 190 stages, frekuensi operasi 53 Hz, dan laju alirnya 934.3 BFPD, dari evaluasi pompa mengalami *upthrust* dan harus dilakukan *upsizing*. Kesimpulan penelitian diketahui bahwa pompa ESP dari setiap sumur tersebut sudah tidak optimal dan perlu dilakukan desain ulang dengan uji sensitivitas frekuensi operasi untuk optimasi pompa desain baru.

Kata kunci: *Electric Submersible Pump*, pengangkatan buatan, pompa, evaluasi pompa, desain ulang, optimasi, *upthrust*, frekuensi operasi

ABSTRACT

This research is about re-designing the Electric Submersible Pump (ESP) in wells AR-1, AR-2, and AR-3 structure F and L field SKZ. This research was conducted with the aim to find out the optimum ESP design at certain well conditions and see changes in well performance when upsizing the pump by changing the parameter value of the number of operating frequencies with sensitivity test. The workflow from this research begins with the presentation of well data AR-1, AR-2,

and AR-3, making IPR well curves, evaluating the current ESP design, re-design by upsizing according to the flow rate target of 50% until 80% from maximum flow rate (Q_{max}) / Absolute Open Flow Potention (AOFPP), pump operating frequencies sensitivity test to get the final results of the ESP pump re-design, and this research will be done with modelling using production software.

Reference well AR-1 has a pump installed with TD-750 with 152 stages, operating frequencies of 46 Hz, and flow rate of 959.1 BFPD, from the evaluation of the pump indicate upthrust and should be done with upsizing. Reference well AR-2 has a pump installed with TD-1200 with 133 stages, operating frequencies of 38 Hz, and flow rate of 1222.8 BFPD, from the evaluation of the pump indicate upthrust and should be done with upsizing. Reference well AR-3 has a pump installed with TD-750 with 190 stages, operating frequencies of 53 Hz, and flow rate of 934.3 BFPD, from the evaluation of the pump indicate upthrust and should be done with upsizing. The conclusion of this research is ESP pump of each well is not optimum anymore and need to do re-designing with operating frequencies sensitivity test for optimization of the new design pump.

Keywords: Electric Submersible Pump, Artificial Lift, Pump, Evaluation of Pump, Re-design, Optimization, Upthrust, Operating Frequencies.

I. PENDAHULUAN

Pada dunia migas, dalam memproduksi suatu sumur minyak dan gas dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara sembur alam (*natural flow*) dan pengangkatan buatan (*artificial lift*). Tahap awal produksi suatu sumur adalah mengalir secara alami ke permukaan tanpa ada bantuan alat lainnya. Sumur dapat mengalir secara alami dikarenakan tekanan reservoir masih cukup untuk mengatasi jumlah kehilangan tekanan yang terjadi di sepanjang jalur aliran pipa. Namun, saat tekanan reservoir sudah tidak mampu untuk mengalirkan fluida lagi maka sumur sembur alami tersebut akan berakhir dan mati meskipun

cadangan migas diperkirakan masih cukup besar dan ekonomis untuk diproduksi. Jika tekanan reservoir pada sumur produksi sudah tidak mampu untuk melakukan pengangkatan secara alami (*Natural Flow*) maka perlu dilakukan pengangkatan buatan (*Artificial Lift*) yang berfungsi untuk mengangkat fluida reservoir ke permukaan. (Takacs, 2018)

Penelitian ini dilakukan pada sumur AR-1, AR-2, dan AR-3 yang merupakan sumur produksi yang tidak mengalir secara *natural flow* melainkan dengan bantuan pompa ESP. Penelitian ini bertujuan untuk

mengevaluasi kinerja pompa ESP yang digunakan dengan menggunakan perhitungan pompa ESP yang terpasang pada sumur untuk melihat apakah pompa yang terpasang sudah beroperasi sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pompa ESP yang sudah dievaluasi kemudian dilakukan optimasi pompa dengan cara desain ulang pompa tersebut sesuai dengan kondisi sumur. Hasil akhir yang diharapkan adalah pompa dapat bekerja lebih optimal dan sesuai dengan kondisi dari sumur tersebut agar laju produksi yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan pompa yang terpasang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumur AR-1 Struktur F

Sumur AR-1 merupakan sumur vertikal yang dibor dengan kedalaman 774 m atau 2539.49 ft pada struktur “F” lapangan “SKZ” yaitu lapangan *onshore* yang berada di Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh. Casing pada sumur AR-1 ini berukuran 5 ½ inci dan dilakukan perforasi pada kedalaman 521-524 m atau 1709.4-1719.24 ft. Sumur AR-1 ini menggunakan *artificial lift* jenis *electric submersible pump* dengan

laju produksi fluida sebesar 959.1 BFPD, laju produksi minyak sebesar 20.41 BOPD, laju produksi gas sebesar 51.14 MSCFD dan *water cut* 98% dengan efisiensi pompa 18%.

2.2 Sumur AR-2 Struktur L

Sumur AR-2 merupakan sumur *directional* yang dibor dengan kedalaman 3674.72 ft MD (1120 mMD) atau 3372.24 ft TVD (1027.81 mTVD) pada struktur “L” lapangan “SKZ” yaitu lapangan *onshore* yang berada di Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh. Casing pada sumur AR-2 ini berukuran 7 inci dan dilakukan perforasi pada kedalaman 671-727.2 mTVD (707.5-774 mMD) atau 2201.55-2385.94 ftTVD (2321.31-2539.49 ftMD). Sumur AR-2 ini menggunakan *artificial lift* jenis *electric submersible pump* dengan laju produksi fluida sebesar 1222.8 BFPD, laju produksi minyak sebesar 8.9 BOPD, laju produksi gas sebesar 0 MSCFD dan *water cut* 99% dengan efisiensi pompa 29%.

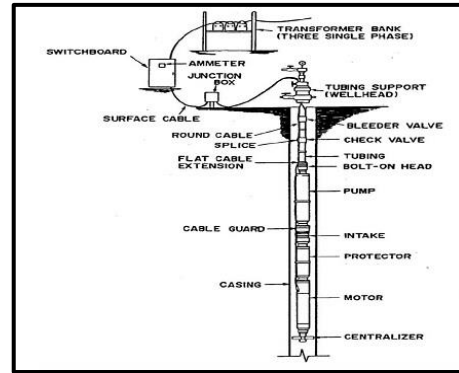
2.3 Sumur AR-3 Struktur L

Sumur AR-3 merupakan sumur *directional* yang dibor dengan kedalaman 4311.23 ftMD (1314 mMD) atau 3660.71 ft TVD

(1115.73 mTVD) pada struktur “L” lapangan “SKZ” yaitu lapangan *on-shore* yang berada di Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh. Casing pada sumur AR-3 ini berukuran 7 inci dan dilakukan perforasi pada kedalaman 893.4-894.5 mTVD (1030.5-1032 mMD) atau 2931.25-2934.85 ftTVD (3381.07-3385.99 ftMD). Sumur AR-3 ini menggunakan *artificial lift* jenis *electric submersible pump* dengan laju produksi fluida sebesar 934.3 BFPD, laju produksi minyak sebesar 25.37 BOPD, laju produksi gas sebesar 25.36 MSCFD dan *water cut* 97% dengan efisiensi pompa 38%.

2.4 Electric Submersible Pump

Electric Submersible Pump merupakan jenis pompa sentrifugal bertingkat banyak (*multistage*) yang digerakkan oleh motor listrik dan dipasang jauh di dalam sumur. Setiap *stage* dalam pomp aini terdiri dari *impeller* dan *diffuser* yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida dan mengalirkannya langsung ke *stage* selanjutnya sampai ke permukaan. (Widyatmoko, 2018).



Gambar 1 Instalasi Pompa ESP (Dokumen PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)

Prinsip kerja pompa ESP dimulai dari arus listrik pada *transformer* dialirkan melalui kabel listrik ke *switchboard* lalu dialirkan ke *junction box*. Selanjutnya arus listrik dari *junction box* dialirkan ke motor dimana motor listrik akan mengubah arus listrik menjadi energi mekanik yang berputar pada kecepatan relatif konstan, kemudian memutar pompa (*impeller*) melewati poros (*shaft*) yang disambungkan dengan *protector* dan energi kinetik fluida diubah menjadi energi potensial oleh *diffuser* sehingga fluida tersebut akan dihisap dan dialirkan oleh *impeller* pada *stage* yang berikutnya. Proses ini berlangsung secara terus-menerus sampai *stage* terakhir sehingga fluida reservoir dapat naik ke permukaan melalui tubing. (Guo, Lyons, & Ghalambor, 2007)

2.5 Dasar Perhitungan ESP

Dasar perhitungan ESP meliputi penentuan kurva IPR dengan metode Vogel, evaluasi pompa ESP, desain ulang pompa ESP dengan *upsized* / *downsized* yang kemudian dilakukan uji sensitivitas frekuensi operasi. Evaluasi pompa *electric submersible pump* dilakukan untuk mengetahui performa pompa yang terpasang pada laju produksi yang telah diproduksi dengan pompa terpasang apakah sudah optimal atau masih dapat dioptimalkan. Perhitungan evaluasi pompa terpasang meliputi perhitungan TDH (*Total Dynamic Head*).

Evaluasi pompa ini juga dilakukan uji sensitivitas frekuensi pada stages yang terpasang untuk melihat apakah hanya menaikkan frekuensi maupun mengganti tipe pompa untuk meningkatkan laju alir hingga laju produksi optimum. Jika produksi yang diperoleh maupun produksi optimum pada pompa ESP yang terpasang kurang dari ataupun lebih dari kapasitas flow range pompa maka harus dilakukan desain ulang pompa dengan mempertimbangkan ketersediaan peralatan yang ada.

a) Penentuan Kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR)

Penentuan kurva IPR sangatlah penting untuk menentukan Q_{max} dan $Q_{optimum}$ serta perhitungan gradien tekanan fluida (G_f).

$$Q_{max} = \frac{Q}{1 - 0.2 \frac{P_{wf}}{P_r} - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2}$$

$Q_{optimum}$

$$= (50\% \text{ sampai } 80\%) \times Q_{max}$$

$$SG_{mix} = (1 - WC) \times SG_o + WC \times SG_w$$

$$G_f = 0.433 \times SG_{mix}$$

b) Perhitungan Laju Alir Fluida

Perhitungan laju alir fluida dan kandungan gas bebas dilakukan untuk mengetahui apakah harus ditambahkan penggunaan *advanced gas handler* (AGH) atau tidak yang meliputi:

- **Penentuan *pump intake pressure* (PIP)**

Perbedaan Kedalaman = *Middle Perforation* – PSD

Perbedaan Tekanan = Perbedaan Kedalaman x G_f

Pump Intake Pressure = P_{wf} – Perbedaan Tekanan

- **Perhitungan *solution gas* (R_s) dan FVF (B_o dan B_g)**

$$R_s = \gamma_g \left(\frac{PIP}{18} \times \frac{10^{0.0125 \times API}}{10^{0.00091 \times API}} \right)^{1.2048}$$

$$B_o = 0.972 + 1.47 \times 10^{-4} \left(R_s \left(\frac{\gamma_g}{\gamma_o} \right)^{0.5} + 1.25T \right)^{1.175}$$

$$B_g = \frac{5.04 \times Z \times T}{PIP}$$

- **Perhitungan total volume fluida dan persentase free gas pada intake pompa**

$$T_g = \frac{Q_o \times GOR}{1000}$$

$$V_{sg} = \frac{q_o \times R_s}{1000}$$

$$V_{free\ gas} = T_g - V_{sg}$$

$$V_o = q_o \times B_o$$

$$V_g = q_g \times B_g$$

$$V_w = q_w \times \% \text{ Water}$$

$$V_t = V_o + V_g + V_w$$

$$\% \text{ Free Gas} = \frac{V_g}{V_t}$$

- c) **Perhitungan Total Dynamic Head (TDH)**

Total Dynamic Head (TDH) merupakan usaha yang dilakukan pompa pada cairan untuk mengangkat dari satu level ke level lainnya yang dinyatakan dalam *head*. (Sudjati Rachmat, 2004) Perhitungan TDH meliputi:

- **Penentuan Vertical Lift (H_D)**

Vertical Lift merupakan jarak yang harus ditempuh diantara *dynamic fluid level* sampai ke permukaan dengan persamaan berikut:

$$\text{Fluid Over Pump} = \frac{PIP}{G_f}$$

$$\text{Vertical Lift } (H_D) = PSD - FOP$$

- **Penentuan Tubing Friction Loss (H_F)**

Tubing Friction Loss merupakan besarnya kehilangan sebagian tenaga di sepanjang *tubing* dimulai dari pompa sampai ke permukaan yang diakibatkan oleh friksi atau gesekan aliran di dalam *tubing* dengan persamaan berikut:

$$\text{Friction Loss} = \frac{2.08030 \times \left[\frac{100}{C}\right]^{1.85} \times \left[\frac{QL}{34.3}\right]^{1.85}}{ID^{4.8655}}$$

$$\text{Tubing Friction Loss } (H_F) = \text{Friction Loss} \times PSD$$

- **Penentuan Tubing Head (H_T)**

Tubing head merupakan jarak yang diakibatkan oleh adanya tekanan didalam *tubing* yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Tubing Head } (H_T) = \frac{\text{Tubing Pressure}}{G_f}$$

- **Penentuan TDH**

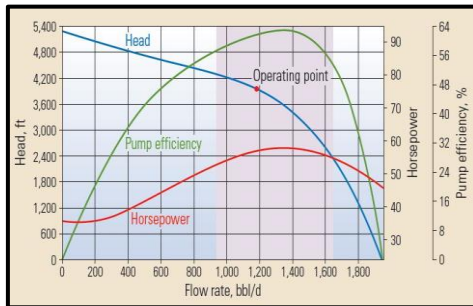
$$TDH = H_D + H_T + H_F$$

- d) **Penentuan Ukuran Pompa dan Komponen ESP di Surface**

Jenis dan ukuran pompa ditentukan dari katalog dengan berdasarkan laju optimum produksi, HP motor, *pump efficiency*, dan *head capacity* yang digambarkan pada *pump performance curve*. *Pump*

performance curve ini akan membantu dalam penentuan jumlah stage dan HP yang dibutuhkan pada tipe pompa yang telah dipilih.

Penentuan komponen ESP di *surface* dilakukan berdasarkan ketersediaan peralatan yang ada pada lapangan/wilayah.



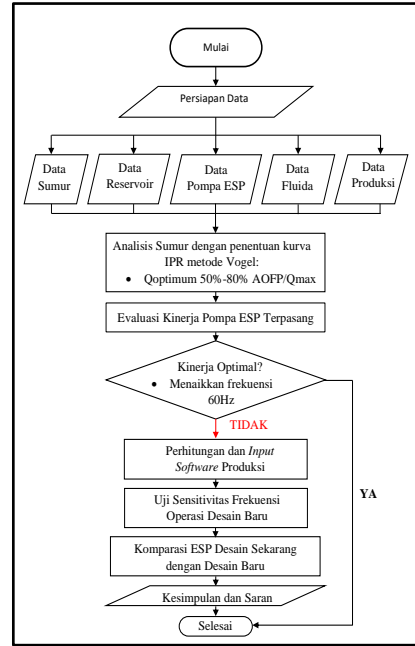
Gambar 2 *Pump Performance Curve* (Dokumen PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan software yang berhubungan dengan perhitungan untuk evaluasi dan desain ulang *Electric Submersible Pump*.

3.1 *Flowchart* Penelitian

Tahapan penelitian dapat ditampilkan dalam bentuk *flow chart* pada gambar 3 berikut:



Gambar 3 *Flowchart* Penelitian

3.2 Data Penelitian

A. Data Sumur

Tabel 1 Data Sumur

No	Parameter	Sumur AR-1	Sumur AR-2	Sumur AR-3	Satuan
1	Casing	5-1/2", JS, 15.5 ppf	7", K-55, 23 ppf	7", K-55, 23 ppf	
2	Casing Depth	2539.49	3268.43 (ftMD)	4225.93 (ftMD)	ft
3	Tubing	2-7/8"	2-7/8"	2-7/8"	
4	Tubing Depth	858.08	2037.5 (2126.09)	2716.67 (3110.39)	FTVD (ftMD)
5	Top Perforation	1709.4	2201.55 (2321.31)	2931.25 (3381.07)	FTVD (ftMD)
6	Middle Perforation	1714.32	2293.75 (2430.4)	2933.05 (3383.53)	FTVD (ftMD)
7	Bottom Perforation	1719.24	2385.94 (2539.49)	2934.85 (3385.99)	FTVD (ftMD)
8	KOP	-	574.175	574.175	ft
9	Pump Setting Depth	858.08	2037.5 (2126.09)	2716.67 (3110.39)	FTVD (ftMD)
10	Total Depth	2539.49	3372.24 (3674.72)	3660.71 (4311.23)	FTVD (ftMD)

B. Data Reservoir

Tabel 2 Data Reservoir

No	Parameter	Sumur AR-1	Sumur AR-2	Sumur AR-3	Satuan
1	Tekanan Reservoir (Pr)	910	1020	1300	Psi
2	Tekanan Dasar Sumur (Pwf)	730.48	790.2	554.97	Psi
3	Wellhead Pressure	38	25	58	Psi
4	Tubing Pressure	100	100	100	Psi
5	Bottom Hole Temperature	180	180	160	'F

C. Data Fluida

Tabel 3 Data Fluida

No	Parameter	Sumur AR-1	Sumur AR-2	Sumur AR-3
1	Oil Gravity (SGo)	0.95	0.95	0.95
2	Water Gravity (SGw)	1.01	1.02	1.02
3	Gas Gravity (SGg)	0.7	0.7	0.7
4	SGmix	1.009	1.019	1.018
5	API Fluid	46.5	49	49

D. Data Pompa ESP yang Terpasang

Tabel 4 Data Pompa ESP yang Terpasang

No	Parameter	Sumur AR-1	Sumur AR-2	Sumur AR-3	Satuan
1	Tipe Pompa Terpasang	TD-750	TD-1200	TD-750	
2	Range Capacity	340-680	550-1000	400-800	BFPD @46Hz
3	Jumlah Stages	152	133	190	Stages
4	Frekuensi	46	38	53	Hz
5	Motor	400', 50HP	400', 60HP	400', 50HP	
6	Transformer	100	150	150	KVA
7	VSD	55KW / 75 HP	110KW / 150 HP	110KW / 150 HP	

E. Data Produksi

Tabel 5 Data Produksi

No	Parameter	Sumur AR-1	Sumur AR-2	Sumur AR-3	Satuan
1	Total Gross / Laju Produksi Fluida (Qf)	959.1	1222.8	934.3	BFPD
2	Laju Produksi Minyak (Qo)	20.41	8.9	25.37	BOPD
3	Laju Produksi Gas (Qg)	51.14	0	25.36	MSCFD
4	Water Cut	98	99	97	%
5	GOR	2506	0	1070	SCF/STB
6	GLR	53	0	27	SCF/STB

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

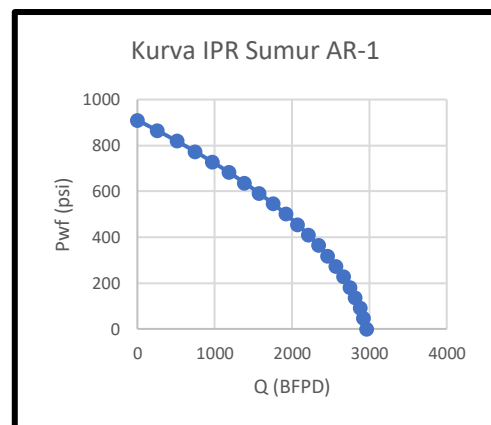
Pembahasan penelitian akan dilakukan melalui beberapa tahap, dimulai dari pemaparan IPR setiap sumur, pemaparan perhitungan evaluasi pompa ESP terpasang, kemudian pemaparan perhitungan desain ulang

pompa ESP setiap sumur dengan analisa uji sensitivitas frekuensi operasi.

4.1 Sumur AR-1

4.1.1 Penentuan Kurva IPR

Penentuan kurva IPR bertujuan untuk mengetahui berapa besar kemampuan sumur dalam memproduksi fluida. Penentuan kurva IPR pada sumur AR-1 menggunakan metode Vogel dengan *water cut* 98%, tekanan reservoir 910 psi, dan *total gross* 959.1 bfpd. Langkah pertama dilakukan perhitungan PI dan IPR untuk menentukan nilai Qmax dan kemudian nilai Qoptimum yang diambil 50% dari Qmax karena adanya keterbatasan pada kemampuan sumur yang hanya bisa memproduksi sampai 2000 bfpd.



Gambar 4 Kurva IPR Sumur AR-1

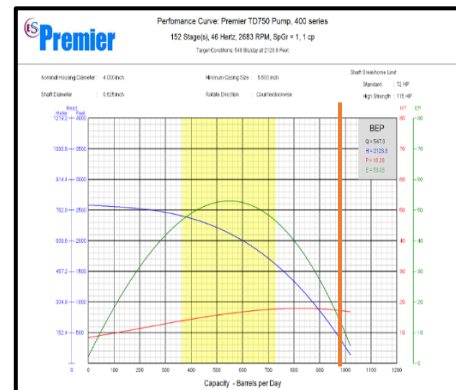
Berdasarkan hasil perhitungan IPR yang telah dilakukan, Sumur AR-1 memiliki *productivity index* sebesar 5.3 bpd/psi dan laju alir

maksimum (Q_{max}) sebesar 2961 BFPD sehingga jika melihat laju alir produksi saat ini yaitu sebesar 959.1 BFPD maka sumur AR-1 masih berpotensi untuk ditingkatkan laju alir produksinya. Laju produksi optimum pada sumur untuk diproduksi diambil 70% sampai 80% dari Q_{max} / AOF. Namun, melihat kondisi sumur AR-1 di lapangan yang tidak memungkinkan untuk diambil 70% sampai 80% sehingga hanya diambil 50% dari AOF karena adanya keterbatasan memproduksi hanya sampai 2000 BFPD. Sumur AR-1 ditargetkan untuk memproduksi dengan laju alir sebesar 1480.27 BFPD.

4.1.2 Evaluasi dan Desain Ulang Pompa ESP

Sumur AR-1 saat ini menggunakan pompa ESP tipe TD-750 dengan *flow range* 340 BFPD sampai dengan 680 BFPD. Pompa ESP yang terpasang ini dievaluasi untuk melihat apakah sudah beroperasi sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Sumur AR-1 dapat dilihat bahwa perlu dilakukan optimasi dengan desain ulang pompa karena pompa yang terpasang saat ini mengalami *upthrust* dikarenakan laju

produksi terlalu besar dari kapasitas pompa TD-750.



Gambar 5 ESP Pump Performance Curve TD-750 46 Hz (Software Produksi)

Berdasarkan *pump performance curve* diatas dapat dilihat pompa TD-750 pada sumur AR-1 mengalami *upthrust* sehingga harus dilakukan *upsizing* pompa menjadi ESP TD-2200 dengan *operating flow range* 1250 BFPD sampai 2500 BFPD. Hasil perhitungan evaluasi pompa dan desain ulang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6 Hasil Evaluasi dan Desain Ulang Pompa ESP Sumur AR-1

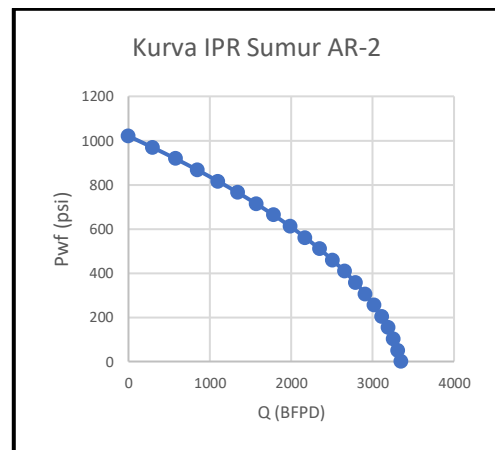
Keterangan	Pompa Terpasang	Pompa Desain Ulang
Pompa	TD-750	TD-2200
Motor	400', 50 HP	400', 12 HP
Sgmix	1.009	1.009
Gradien Fluida	0.437 psi/ft	0.437 psi/ft
Total Gross	959.1 BFPD	1480.27 BFPD
Pump Intake Pressure	356.49 psi	258.94 psi
Net Lift	41.89 ft	265.23 ft
Friction Loss	9.18 ft/ 1000ft	20.48 ft/1000ft
TDH	278.71 ft	511.75 ft
Jumlah Stages	152 stages	20 stages
Frekuensi Operasi	46Hz	60Hz
% Efisiensi	18%	60%
Cable Size	Kabel Power Prysmian AWG#4 Flat, Armor Galvanis	Kabel Power Prysmian AWG#4 Flat, Armor Galvanis
VSD	55 KW/ 75 HP	55 KW/75 HP
Transformer	100 KVA	150 KVA

Hasil desain ulang sumur AR-1 dilakukan penambahan penggunaan *gas handler* karena free gas yang diperoleh adalah 34% dimana sudah lebih dari 5%-10% sehingga harus ditambahkan *gas handler*. Setelah melakukan evaluasi dan pemilihan pompa pada sumur AR-1 maka selanjutnya dilakukan perhitungan desain ulang pompa dengan melakukan uji sensitivitas frekuensi operasi.

4.2 Sumur AR-2

4.2.1 Penentuan Kurva IPR

Penentuan kurva IPR bertujuan untuk mengetahui berapa besar kemampuan sumur dalam memproduksi fluida. Penentuan kurva IPR pada sumur AR-2 menggunakan metode Vogel dengan *water cut* 99%, tekanan reservoir 1020 psi, dan *total gross* 1222.8 bfpd. Langkah pertama dilakukan perhitungan PI dan IPR untuk menentukan nilai Q_{max} dan kemudian nilai $Q_{optimum}$ yang diambil 50% dari Q_{max} karena adanya keterbatasan pada kemampuan sumur yang hanya bisa memproduksi sampai 2000 bfpd.



Gambar 6 Kurva IPR Sumur AR-2

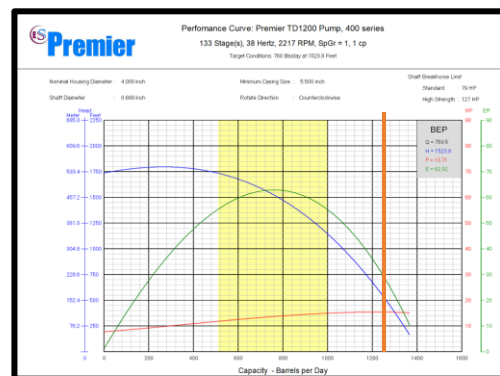
Berdasarkan hasil perhitungan IPR yang telah dilakukan, Sumur AR-2 memiliki *productivity index* sebesar 5.3 bpd/psi dan laju alir maksimum

(Q_{max}) sebesar 3351 BFPD sehingga jika melihat laju alir produksi saat ini yaitu sebesar 1222.8 BFPD maka sumur AR-2 masih berpotensi untuk ditingkatkan laju alir produksinya. Laju produksi optimum pada sumur untuk diproduksi diambil 70% sampai 80% dari Q_{max} / AOF. Namun, melihat kondisi sumur AR-2 di lapangan yang tidak memungkinkan untuk diambil 70% sampai 80% sehingga hanya diambil 50% dari AOF karena adanya keterbatasan memproduksi hanya sampai 2000 BFPD. Sumur AR-2 ditargetkan untuk berproduksi dengan laju alir sebesar 1675.36 BFPD.

4.2.2 Evaluasi dan Desain Ulang Pompa ESP

Sumur AR-2 saat ini menggunakan pompa ESP tipe TD-1200 dengan *flow range* 550 BFPD sampai dengan 1000 BFPD. Pompa ESP yang terpasang ini dievaluasi untuk melihat apakah sudah beroperasi sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Sumur AR-2 dapat dilihat bahwa perlu dilakukan optimasi dengan desain ulang pompa karena pompa yang terpasang saat ini mengalami *upthrust* dikarenakan laju

produksi terlalu besar dari kapasitas pompa TD-1200.



Gambar 7 ESP Pump Performance Curve TD-1200 53Hz (Software Produksi)

Berdasarkan *pump performance curve* diatas dapat dilihat pompa TD-1200 pada sumur AR-2 mengalami *upthrust* sehingga harus dilakukan *upsizing* pompa menjadi ESP TD-2200 dengan *operating flow range* 1250 BFPD sampai 2500 BFPD. Hasil perhitungan evaluasi pompa dan desain ulang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7 Hasil Evaluasi dan Desain Ulang Pompa ESP Sumur AR-2

Keterangan	Pompa Terpasang	Pompa Desain Ulang
Pompa	TD-1200	TD-2200
Motor	400', 60 HP	400', 28 HP
SGmix	1.019	1.019
Gradien Fluida	0.441 psi/ft	0.441 psi/ft
Total Gross	1222.8 BFPD	1675.36 BFPD
Pump Intake Pressure	677.07 psi	592.02 psi
Net Lift	503.72 ft	696.39 ft
Friction Loss	14.38 ft/ 1000ft	25.75 ft/1000ft
TDH	759.55 ft	975.39 ft
Jumlah Stages	133 stages	39 stages
Frekuensi Operasi	38Hz	60Hz
% Efisiensi	29%	62%
Cable Size	Kabel Power Prysman AWG#4 Flat, Armor Galvanis	Kabel Power Prysman AWG#4 Flat, Armor Galvanis
VSD	110 KW/ 150 HP	55 KW/75 HP
Transformer	150 KVA	150 KVA

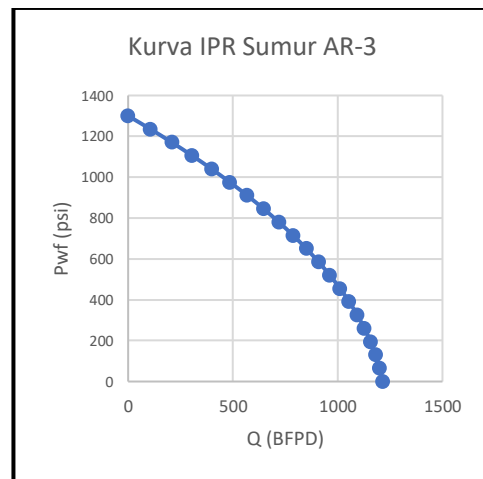
Hasil desain ulang sumur AR-2 tidak perlu dilakukan penambahan penggunaan *gas handler* karena free gas yang diperoleh adalah 0% sehingga gas tersebut dapat diabaikan dan hanya dipasang gas separator saja. Setelah melakukan evaluasi dan pemilihan pompa pada sumur AR-2 maka selanjutnya dilakukan perhitungan desain ulang pompa dengan melakukan uji sensitivitas frekuensi operasi.

4.3 Sumur AR-3

4.3.1 Penentuan Kurva IPR

Penentuan kurva IPR bertujuan untuk mengetahui berapa besar

kemampuan sumur dalam memproduksi fluida. Penentuan kurva IPR pada sumur AR-3 menggunakan metode Vogel dengan *water cut* 97%, tekanan reservoir 1300 psi, dan *total gross* 934.3 bfpd. Langkah pertama dilakukan perhitungan PI dan IPR untuk menentukan nilai Q_{max} dan kemudian nilai $Q_{optimum}$ yang diambil bisa 80% dari Q_{max} meskipun adanya keterbatasan pada kemampuan sumur yang hanya bisa memproduksi sampai 2000 bfpd.



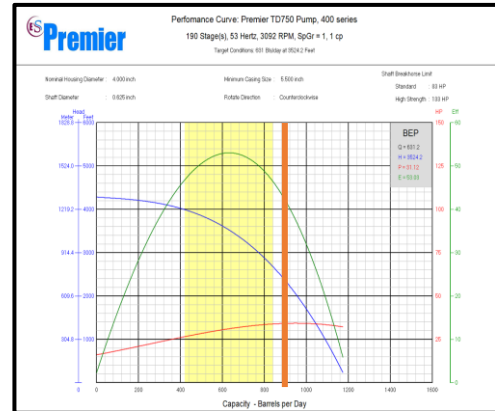
Gambar 8 Kurva IPR Sumur AR-3

Berdasarkan hasil perhitungan IPR yang telah dilakukan, Sumur AR-3 memiliki *productivity index* sebesar 1.3 bpd/psi dan laju alir maksimum (Q_{max}) sebesar 1215 BFPD sehingga jika melihat laju alir produksi saat ini yaitu sebesar 934.3

BFPD maka sumur AR-3 masih berpotensi untuk ditingkatkan laju alir produksinya. Laju produksi optimum pada sumur untuk diproduksi diambil 70% sampai 80% dari Q_{max} / AOFP sehingga sumur AR-3 ini mengambil 80% dari Q_{max} / Absolute Open Flow Potential (AOFP). Sumur AR-3 ditargetkan untuk berproduksi dengan laju alir sebesar 972.18 BFPD.

4.3.2 Evaluasi dan Desain Ulang Pompa ESP

Sumur AR-3 saat ini menggunakan pompa ESP tipe TD-750 dengan *flow range* 400 BFPD sampai dengan 800 BFPD. Pompa ESP yang terpasang ini dievaluasi untuk melihat apakah sudah beroperasi sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Sumur AR-3 dapat dilihat bahwa perlu dilakukan optimasi dengan desain ulang pompa karena pompa yang terpasang saat ini mengalami *upthrust* dikarenakan laju produksi terlalu besar dari kapasitas pompa TD-750.



Gambar 9 ESP Pump Performance Curve TD-750 53Hz (Software Produksi)

Berdasarkan *pump performance curve* diatas dapat dilihat pompa TD-750 pada sumur AR-3 mengalami *upthrust* sehingga harus dilakukan *upsizing* pompa menjadi ESP TD-1200 dengan *operating flow range* 800 BFPD sampai 1600 BFPD. Hasil perhitungan evaluasi pompa dan desain ulang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8 Hasil Evaluasi dan Desain Ulang
Pompa ESP Sumur AR-3

Keterangan	Pompa Terpasang	Pompa Desain Ulang
Pompa	TD-750	TD-1200
Motor	400', 50 HP	400', 29 HP
SGmix	1.018	1.018
Gradien Fluida	0.441 psi/ft	0.441 psi/ft
Total Gross	934.3 BFPD	972.18 BFPD
Pump Intake Pressure	459.58 psi	429.37 psi
Net Lift	1674.15 ft	1742.68 ft
Friction Loss	8.74 ft/1000ft	9.41 ft/1000ft
TDH	1924.74 ft	1995.08 ft
Jumlah Stages	190 stages	77 stages
Frekuensi Operasi	53Hz	60Hz
% Efisiensi	38%	60%
Cable Size	Kabel Power Prysmian AWG#4 Flat, Armor Galvanis	Kabel Power Prysmian AWG#4 Flat, Armor Galvanis
VSD	110 KW/ 150 HP	110 KW/150 HP
Transformer	150 KVA	150 KVA

Hasil desain ulang sumur AR-3 dilakukan penambahan penggunaan *gas handler* karena free gas yang diperoleh adalah 16% dimana sudah lebih dari 5%-10% sehingga harus ditambahkan *gas handler*. Setelah melakukan evaluasi dan pemilihan pompa pada sumur AR-3 maka selanjutnya dilakukan perhitungan desain ulang pompa dengan melakukan uji sensitivitas frekuensi operasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada sumur AR-1, AR-2, dan AR-3, berikut ini hal-hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan menganalisa kurva IPR, dapat dilihat bahwa sumur AR-1,

AR-2, dan AR-3 masih berpotensi untuk ditingkatkan laju produksinya dengan Qoptimum pada sumur AR-1 yaitu 1480.27 BFPD, Qoptimum pada sumur AR-2 yaitu 1675.36 BFPD, dan Qoptimum pada sumur AR-3 yaitu 972.18 BFPD.

2. Hasil evaluasi pompa ESP yang terpasang pada sumur AR-1 dengan jenis pompa TD-750, sumur AR-2 dengan jenis pompa TD-1200, dan sumur AR-3 dengan jenis pompa TD-750 menunjukkan kondisi *upthrust* sehingga harus dilakukan *upsizing* pompa ESP.
3. Hasil optimasi produksi yaitu desain ulang dengan *upsizing* pompa dan kondisi standar 60Hz pada:
 - o Sumur AR-1 menggunakan tipe pompa TD-2200 dengan 20 stages dan efisiensi sebesar 60%.
 - o Sumur AR-2 menggunakan tipe pompa TD-2200 dengan 39 stages dan efisiensi sebesar 62%.
 - o Sumur AR-3 menggunakan tipe pompa TD-1200 dengan

77 stages dan efisiensi sebesar 60%.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diperhatikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, penulis menyarankan agar sumur tersebut dilakukan penggantian pompa dikarenakan kemampuan setiap sumur masih baik untuk diproduksi.
2. Diharapkan penelitian dilakukan analisis keekonomian pada *re-design* pompa ESP.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelhady A, Gomaa S*, Ramzi H, Hisham H, Galal A, Abdelfattah A. (2020). Electrical Submersible Pump Design in Vertical Oil Wells. *Petroleum & Petrochemical Engineering Journal*, 1-6.

Brown, K. E. (1980). *The Technology of Artificial Lift Method Volume II-b*. Tulsa Oklahoma: Penn Well Books.

Diky Pranondo, Tholib Canali Sobli. (2020). Analisis Sumur dengan Inflow Performance Relationship Metode Vogel serta Evaluasi Tubing Menggunakan Analisis

Nodal pada Sumur TCS. *Jurnal Teknik Patra Akademika Volume 11 Nomor 2*, 33-39.

Erizaldi Musthofa Sudjito, Andi Jumardi, Firdaus. (2021). Optimasi Produksi Sumur "ZL" dengan Menggunakan Artificial Lift Electrical Submersible Pump pada Lapangan "YY". *PETROGAS Volume 3 Nomor 1*, 45-55.

Fikaryazi. (2021). *Perbandingan Efisiensi Desain ESP REDA vs OCEC pada Sumur*. Bekasi: Institut Teknologi Sains Bandung.

Indiratama, M. R. (2020). *Optimasi Desain ESP Menggunakan Analisis Nodal dengan Penekanan pada Upsizing/Downsizing, Jumlah Stages, dan Operating Frequency*. Jakarta: Universitas Pertamina.

M.D, M. C. (1973). *The Properties Petroleum Fluids*. New York: Penn-Well Publishing Co.

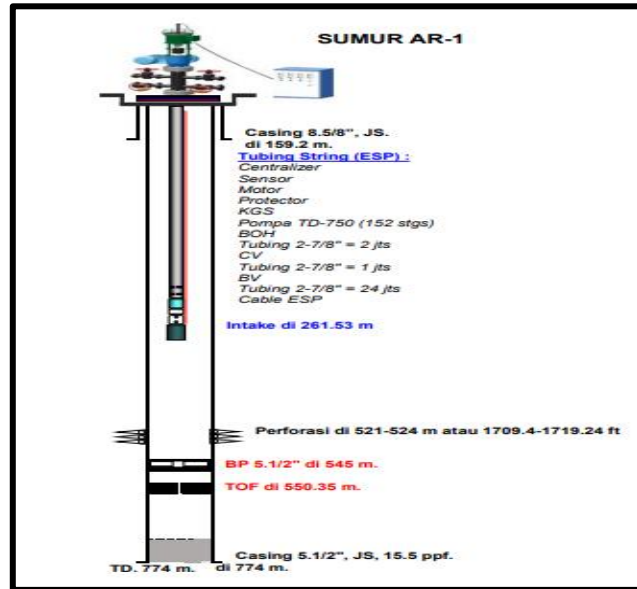
Putri Dwi Jayanti, Rachmat Sudibyo, Djoko Sulustiyanto. (2015). Evaluasi dan Optimasi Pompa Electric Submersible Pump (ESP) Pada Sumur-Sumur Di Lapangan X. *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*, 376-386.

Wibisono, E. S. (2021). *EVALUASI
DAN DESAIN ULANG ELECTRIC
SUBMERSIBLE PUMP (ESP)
UNTUK OPTIMASI PRODUKSI
PADA SUMUR ED-1, ED-2, DAN
ED-3*. Jakarta: Universitas
Pertamina.

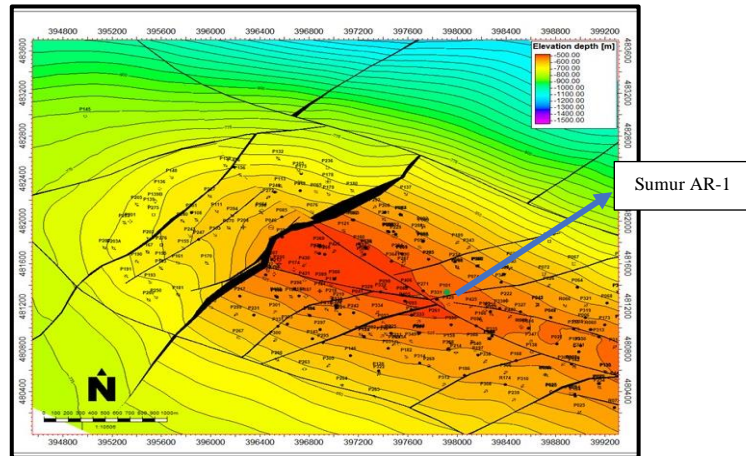
Data dari PT Pertamina Hulu Rokan
Zona 1

LAMPIRAN

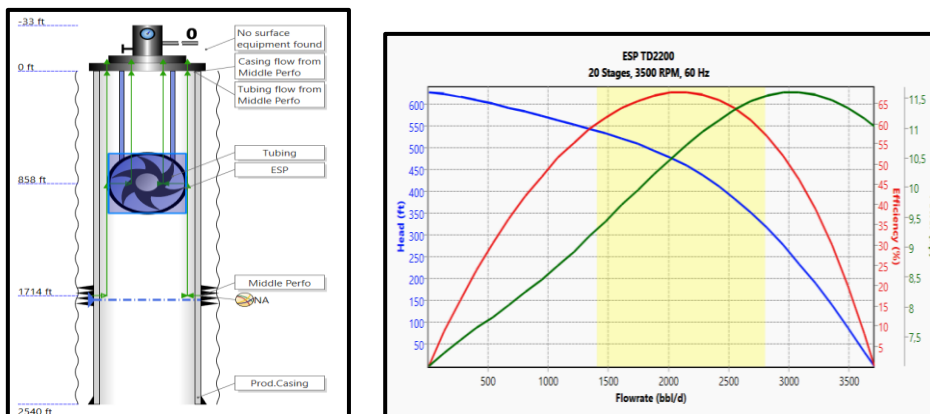
1. LAMPIRAN SUMUR AR-1



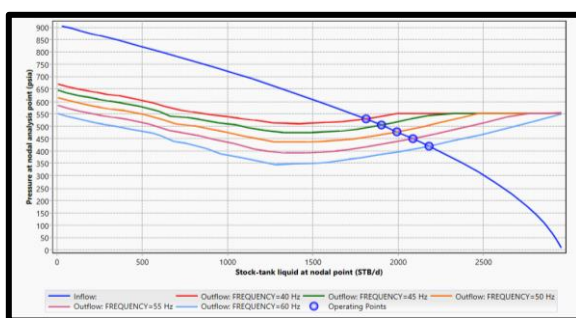
Gambar 10 Sketsa Sumur AR-1 (Dokumen PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)



Gambar 11 Peta Lokasi Sumur AR-1 pada Struktur "F" (Arsip PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)

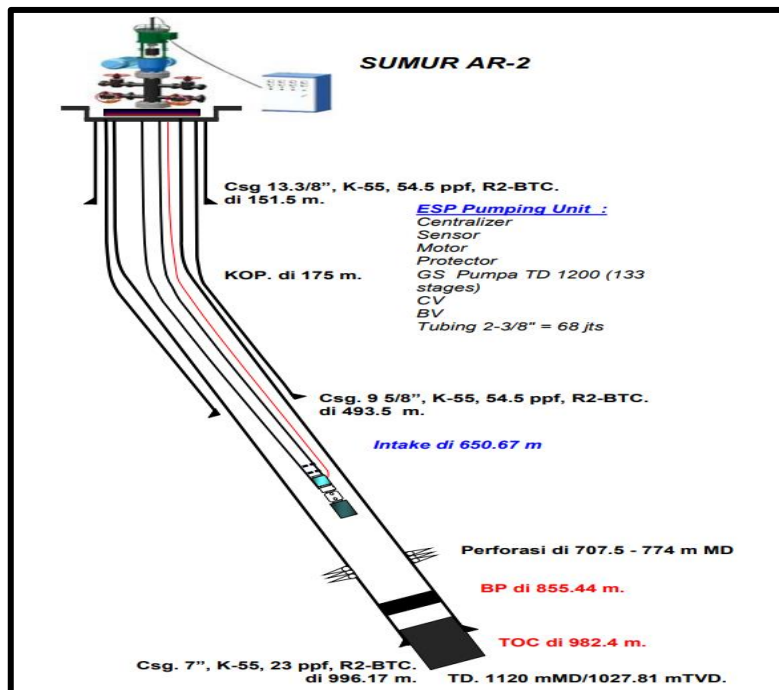


Gambar 12 Desain Ulang Pompa ESP TD-2200 20 Stages Sumur AR-1 pada software

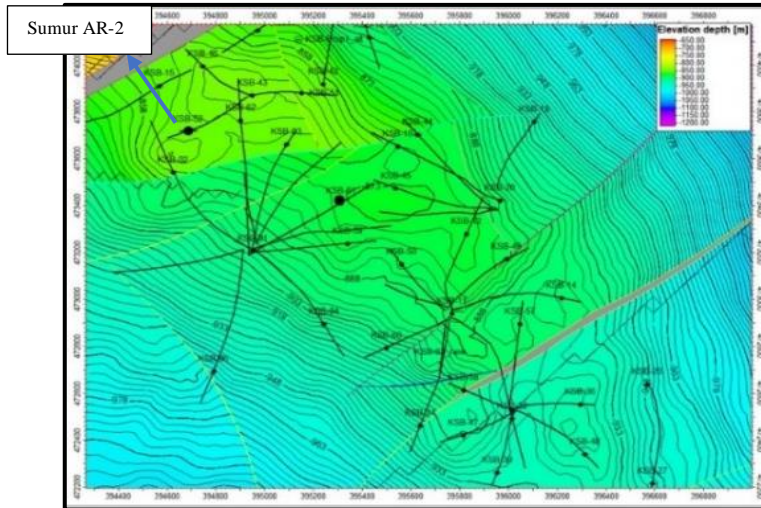


Gambar 13 Kurva Uji Sensitivitas Frekuensi ESP TD-2200 (Software Produksi)

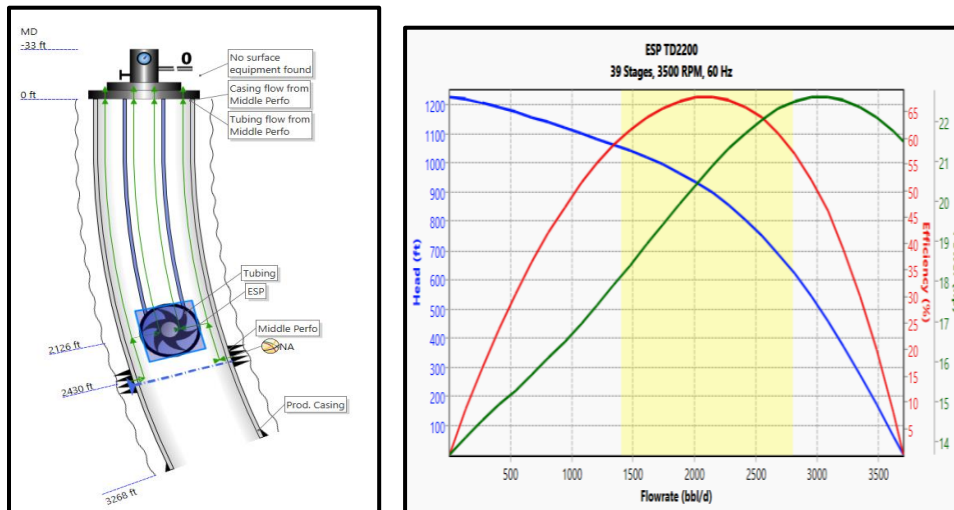
2. LAMPIRAN SUMUR AR-2



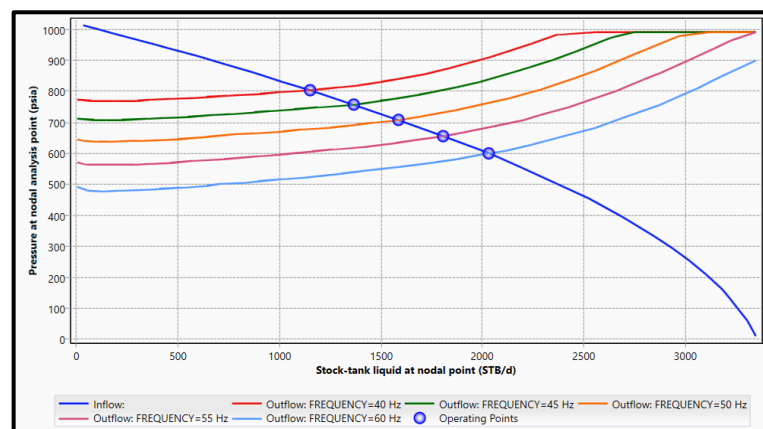
Gambar 14 Sketsa Sumur AR-2 (Dokumen PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)



Gambar 15 Peta Lokasi Sumur AR-2 pada Struktur “L” (Arsip PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)

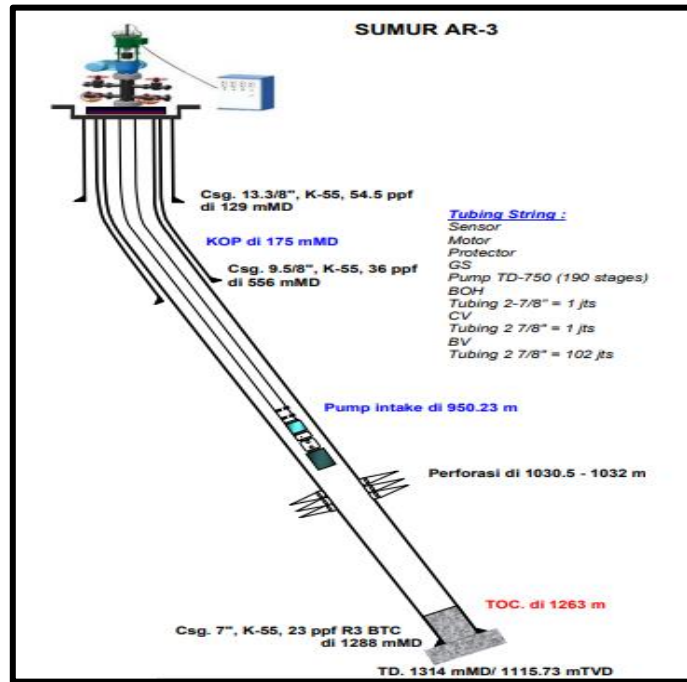


Gambar 16 Desain Ulang Pompa ESP TD-2200 20 Stages Sumur AR-2 pada software

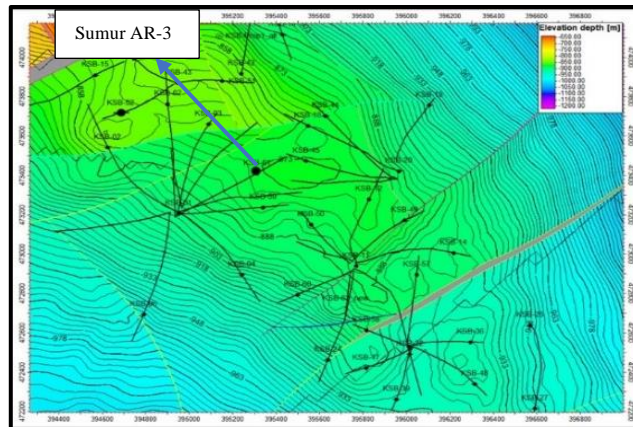


Gambar 17 Kurva Uji Sensitivitas Frekuensi ESP TD-2200 (Software Produksi)

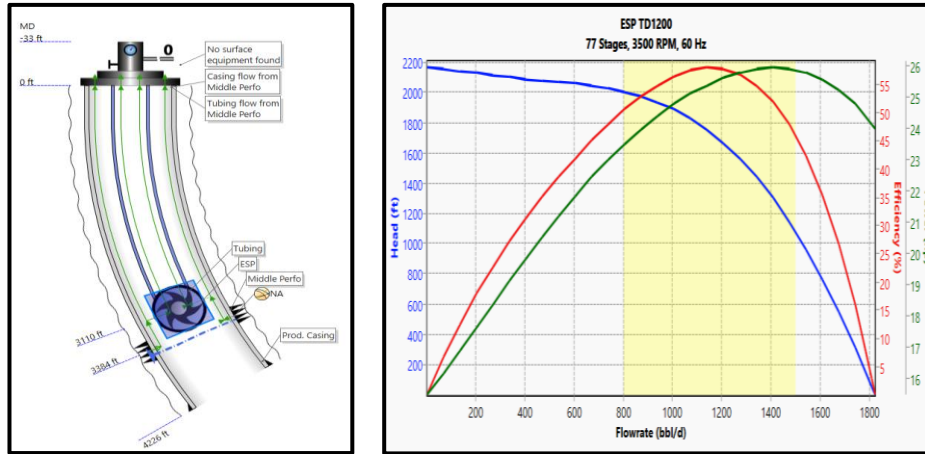
3. LAMPIRAN SUMUR AR-3



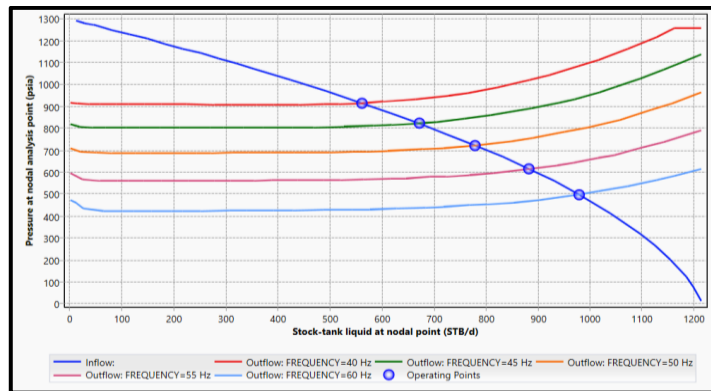
Gambar 18 Sketsa Sumur AR-3 (Dokumen PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)



Gambar 19 Peta Lokasi Sumur AR-3 pada Struktur "L" (Arsip PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1)



Gambar 20 Desain Ulang Pompa ESP TD-2200 20 Stages Sumur AR-3 pada software



Gambar 21 Kurva Uji Sensitivitas Frekuensi ESP TD-2200 (Software Produksi)