

EVALUASI DAN OPTIMASI *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP* DENGAN UJI SENSITIVITAS DARI *OPERATING FREQUENCY* DAN JUMLAH *STAGES* UNTUK MENINGKATKAN LAJU PRODUKSI PADA SUMUR “AK P-10”

Aprilia Rizki Komara Putri, Institut Teknologi Sains Bandung

Email: Kikiaprilial704@gmail.com

ABSTRAK

Pada sumur AK P-10 akan dilakukan evaluasi dan optimasi desain awal dari ESP yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi desain awal pada pompa ESP. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan analisis kurva IPR serta beberapa parameter sensitivitas, seperti jumlah *stages* dan *operating frequency*. Hasil Setelah dilakukan evaluasi menunjukkan bahwa pada sumur AK P-10 memiliki laju alir yang kurang optimal, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan target laju produksi yang maksimal. Optimasi ESP yang dilakukan yaitu dengan melakukan uji sensitivitas pada sumur AK P-10 untuk menemukan desain akhir ESP yang diinginkan. Dari hasil sensitivitas yang telah dilakukan dapat meningkatkan laju produksi sumur AK P-10 sesuai dengan target laju produksi yang diinginkan.

Kata Kunci: ESP, IPR, evaluasi, optimasi, sensitivitas, pompa, AOF, *artificial lift*, *stages*, *frequency*

ABSTRACT

In the AK P-10 well, evaluation and optimization of the initial design of the ESP will be carried out with the aim of determining the efficiency of the initial design of the ESP pump. The method used in this research is to analyze the IPR curve as well as several sensitivity parameters, such as the number of stages and operating frequency. Results After the evaluation showed that the AK P-10 well had a flow rate that was less than optimal, so optimization needed to be carried out to get the maximum production rate target. ESP optimization was carried out by carrying out a sensitivity test on the AK P-10 well to find the desired final ESP design. From the sensitivity results that have been carried out, it is possible to increase the production rate of the AK P-10 well in accordance with the desired production rate target.

Keywords: ESP, IPR, evaluation, optimization, sensitivity, pump, AOF, *artificial lift*, *stages*, *frequency*

PENDAHULUAN

Electric Submersible Pump (ESP) merupakan pompa jenis sentrifugal yang digunakan untuk mengangkat fluida dari reservoir ke permukaan pada laju produksi tertentu dan dengan digerakan oleh tenaga motor listrik. ESP bekerja dengan cara memberikan tekanan tambahan pada fluida reservoir dengan mekanisme berpengerak motor listrik bertingkat banyak (*multistage*) dengan tiap tingkat terdiri dari *impeller* dan *diffuser* yang dipasang didalam sumur. ESP pada dasarnya digunakan untuk sumur yang hanya memproduksi *liquid*, atau memiliki GOR yang rendah karena performa pompa akan maksimal ketika pompa hanya memproduksi *liquid*, evaluasi *electric submersible pump* yang terpasang hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan produksi lebih lanjut, dengan tujuan adalah meningkatkan produktivitas suatu sumur yang ditandai dengan meningkatnya indeks produktivitas dan laju produksi.

Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh perubahan *operating frequency* dan jumlah *stages*.
2. Mengetahui efisiensi kinerja ESP yang digunakan pada sumur AK P-10.

3. Mengoptimasi produksi sumur tinjauan berdasarkan sensitivitas yang digunakan.
4. Mengetahui hasil produksi optimum pada sumur AK P-10.

Electrical Submersible Pump (ESP)

Electrical Submersible Pump (ESP) adalah pompa sentrifugal bertingkat yang dimasukkan kedalam sumur pada kedalaman tertentu. ESP merupakan sistem pengangkatan buatan yang menggunakan sistem pompa di dalam sumur. ESP digerakkan secara elektrik melalui motor yang diletakkan di bawah sumur. ESP terdiri dari dua komponen utama, yaitu peralatan diatas permukaan dan peralatan dibawah permukaan.

Sistem kerja dari *Electrical Submersible Pump* (ESP) ini adalah dengan mengalirkan energi listrik dari *transformer* (*step down*) melalui *switchboard*. Pada *switchboard*, semua kinerja dari *Electrical Submersible Pump* (ESP) dan kabel akan dikontrol atau di monitor. Kemudian energi listrik akan diteruskan dari *switchboard* ke motor melalui kabel yang diletakkan di sepanjang tubing dari rangkaian ESP.

Metode Desain *Electrical Submersible Pump* (ESP)

- a. Menentukan kemampuan laju alir sumur dengan kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR).

- b. Perhitungan *Specific Gradient* fluida, tekanan *gradient* fluida (GF) sebagai berikut:

$$SG_{mi} = \frac{(1 \times SGo) + (WOR \times SGw)}{1 + WOR}$$

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

4. Menentukan kedudukan pompa (HPIP) dengan jarak antar pompa dari lubang perforasi teratas sekitar 100 ft.
5. Menentukan laju produksi total (Q_{tot}) dan laju produksi yang diinginkan (Q_o) dengan nilai P_{wf} yang ada:

$$Q_{tot} = (p_s - p_{wf}) \times PI$$

$$Q_o = \frac{1}{1 + WOR} \times Q_{tot}$$

6. Menentukan *Pump Intake Pressure* (PIP), dalam perhitungan nilai PIP harus lebih besar dari P_b (tekanan jenuh):

$$PIP = P_{wf} - Gf \times (PSD - HPIP)$$

7. Perhitungan *Fluid Over Pump*:

$$FOP = \frac{PIP}{GF}$$

8. Perhitungan *Vertical Lift* (HD) dengan rumus berikut:

$$HD = PSD - FOP$$

9. Kehilangan tekanan sepanjang tubing (F) dan (HF) dapat dihitung dengan

persamaan berdasarkan dengan persamaan William Hazen:

$$F = \frac{2.0830 \times \left[\frac{100}{C}\right]^{1.85} \times \left[\frac{Qt}{3.43}\right]^{1.85}}{ID^{4.8655}}$$

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

10. Perhitungan *Tubing Head* (HT), dengan persamaan sebagai berikut:

$$HT = \frac{\text{Wellhead pressure}}{Gf}$$

11. *Total Dynamic Head* (TDH), dengan persamaan sebagai berikut:

$$TDH = HD + HF + HT$$

12. Pemilihan jenis dan ukuran pompa dari katalog dengan berlandaskan laju alir produksi yaitu *Head Capacity* (HC), HP Motor dan *Pump Efficiency*.

13. Perhitungan jumlah *stages* yang diperlukan:

$$\text{Stages} = \frac{TDH}{HC}$$

14. *Hydraulic Horse Power Motor* (HHP) yang dibutuhkan:

$$HHP = HP_{motor} \times \text{Pump Stages}$$

15. Menentukan jenis motor yang memenuhi HP desain berdasarkan katalog.

16. Pemilihan jenis kabel, diutamakan yang mempunyai kehilangan tegangan lebih kurang 30 Volt/ft, dengan persamaan berikut:

$$\text{Voltage Cable} = (\text{PSD} + 100) \times \text{Voltage Drop}/1000/\text{ft}$$

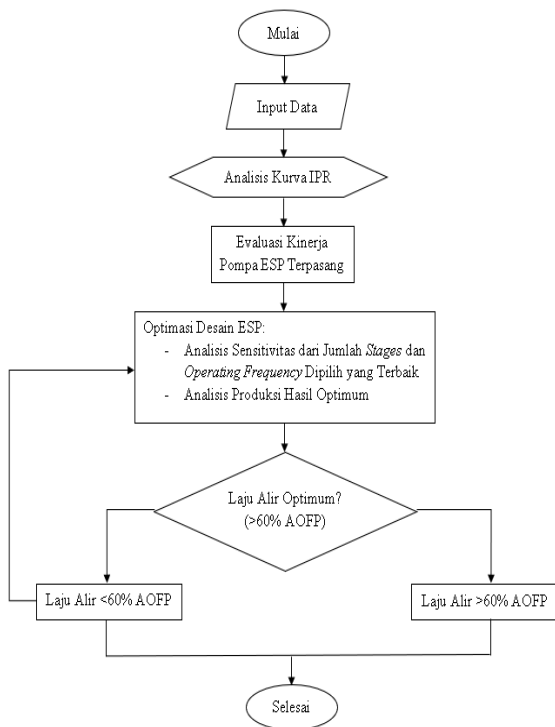
17. Pemilihan *switchboard* dan *transformer* yang akan dipakai perlu diketahui terlebih dahulu berapa besarnya *voltage* yang akan bekerja pada *switchboard* tersebut:

$$\text{Surface Voltage} = \text{Voltage Motor} + \text{Cable Voltage Drop}$$

Menentukan besarnya tegangan *transformer* yang diperlukan:

$$\text{KVA} = \frac{1,73 \times \text{Amperre} \times \text{Surface Voltage}}{1000}$$

TAHAPAN PENELITIAN



PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data *Reservoir*

Data <i>Reservoir</i>		
Tekanan <i>Reservoir</i> (Ps)	441	Psia
Tekanan Alir Dasar Sumur	300	Psia
Temperatur	325	F
Laju Produksi Fluida (Ql)	1574	BFPD
Laju Produksi Minyak	62,00	BOPD
GOR	19,82	SCF/STB
WOR	19	
<i>Water Cut</i> (WC)	96	%

Tabel 2 Data Fluida

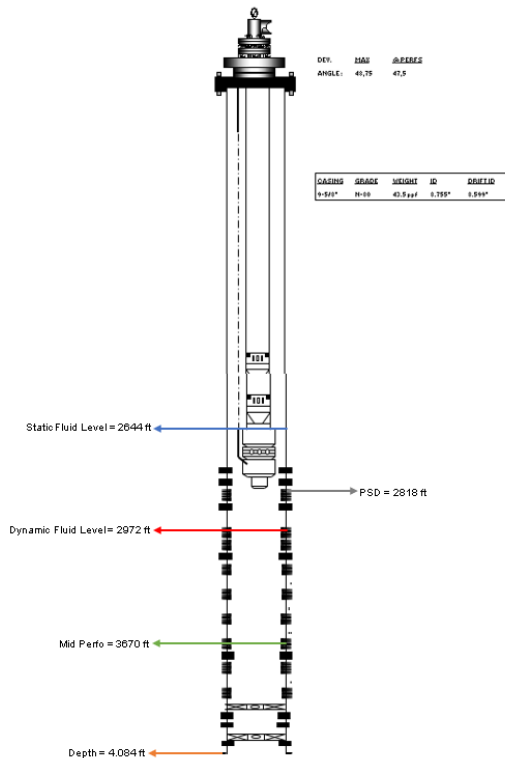
Data Fluida		
API <i>Gravity</i>	22,4	°API
SG Air	1,03	
SG Minyak	0,91	
SG Gas	0,69	
<i>Fluid Gradient</i>	0,43	

Tabel 3 Data Sumur

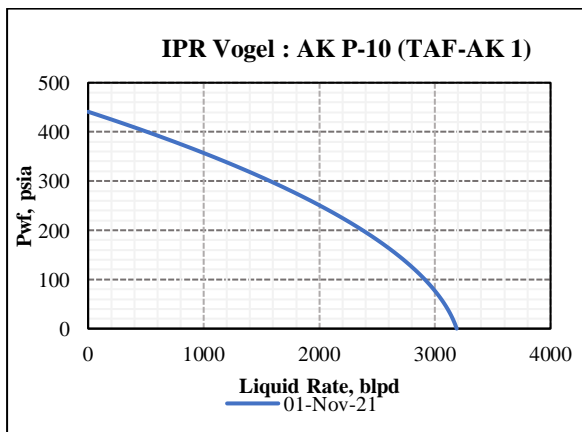
Data Sumur			
Kedalaman Sumur	4084	MD	ft
Perforasi Atas	3665	MD	ft
Perforasi Tengah	3670	MD	ft
Perforasi Bawah	3675	MD	ft
ID <i>Tubing</i>	2,450		inch
OD <i>Tubing</i>	3,5		inch
ID <i>Casing</i>	8,755		inch
OD <i>Casing</i>	9,625		inch

Tabel 4 Data ESP Sumur "AK P-10"

Data ESP			
Q Desired	2000	BFPD	
Kedalaman Pompa ESP	3550	MD	ft
Kedalaman Pompa ESP	2818	TVD	ft



Gambar 1. Well Schematic



Gambar 2. Kurva IPR

Evaluasi Kinerja Pompa ESP Terpasang

1) Menghitung Specific Gravity

$$\begin{aligned}
 \text{a. } SG_{\text{mix}} &= \frac{(1 \times SG_o) + (WOR \times SG_w)}{1 + WOR} \\
 &= \frac{(1 \times 0,91) + (19 \times 1,03)}{1 + 19} \\
 &= 1,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } SG \text{ gradient} &= 0,433 \times SG_{\text{mix}} \\
 &= 0,433 \times 1,024 \\
 &= 0,443
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } SFL &= DMidPer - \left(\frac{P_s}{G_f} \right) \\
 &= 3670 - \left(\frac{441}{0,43} \right) \\
 &= 2644,41 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. } DFL &= DMidPer - \left(\frac{P_{wf}}{G_f} \right) \\
 &= 3670 - \left(\frac{300}{0,43} \right) \\
 &= 2972,32 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan Pump Intake Pressure

$$\begin{aligned}
 PIP &= P_{wf} - G_f \times (PSD - HPIP) \\
 &= 300 - 0,43 \times (2818 - 2718) \\
 &= 257 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

3) Menghitung Total Dynamic Head (TDH).

a. Menentukan Fluid Over Pump (FOP)

$$FOP = \frac{PIP}{G_f} = \frac{257}{0,43} = 579,62 \text{ ft}$$

b. Vertical Lift (HD)

$$\begin{aligned}
 HD &= PSD - FOP = 2818 - 579,62 \\
 &= 2238,37 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

c. Menentukan Tubing Friction Loss (HF)

Friction loss (F)

$$= \frac{2,083 \times \left(\frac{100}{C} \right)^{1,85} \times \left(\frac{Q}{34,3} \right)^{1,85}}{ID^{4,8655}}$$

$$= \frac{2.083 \times \left(\frac{100}{120}\right)^{1.85} \times \left(\frac{1574}{34.3}\right)^{1.85}}{2,450^{4.8655}}$$

$$= 0,04/100 \text{ ft}$$

Tubing Friction Loss (HF)

$$= F \times \text{PSD}$$

$$= (0,04/100) \times 2818 = 1,04 \text{ ft}$$

d. Menentukan Tubing Head (HT)

$$\text{HT} = \frac{\text{Wellhead pressure}}{Gf}$$

$$= \frac{87}{0,43} = 202,33 \text{ ft}$$

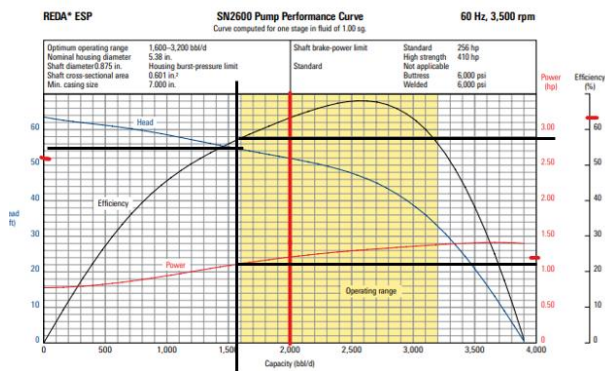
e. Menentukan Total Dynamic Head (TDH)

$$\text{TDH} = \text{HD} + \text{HF} + \text{HT}$$

$$= 2238,37 + 1,04 + 202,33$$

$$= 2441,75 \text{ ft}$$

4) Menentukan Stages dan Motor



Gambar 4. Pump Performance Curve SN2600 (Scribd, Richard Suryaputra)

$$\text{Head Capacity} = 55 \text{ ft}$$

$$\text{Motor HP} = 1,1 \text{ HP/Stages}$$

$$\text{Efficiency Pump} = 58 \%$$

$$\text{Pump Stages} = \frac{\text{TDH}}{\text{HC}} = \frac{2441,75}{55}$$

$$= 44,4 \text{ Stages}$$

$$\text{HHP} = \text{HP Motor} \times \text{Stages}$$

$$= 53,27 \text{ HP}$$

5) Menentukan Nilai Tegangan

$$\text{Voltage Drop} = 33 \text{ volt}$$

$$\text{Cable Voltage Drop} = (\text{PSD}+100) \times \frac{V}{1000}$$

$$= (2818+100) \times \frac{33}{1000}$$

$$= 96,294 \text{ V}$$

Surface Voltage

$$= \text{Voltage Motor} + \text{Cable Voltage Drop}$$

$$= 725 + 96,294$$

$$= 821,294 \text{ V}$$

Jenis motor 540 series 63A memberikan kehilangan tegangan sekitar 30 volt per 1000 ft. Dalam hal ini didapatkan jenis kabel #2CU dengan kehilangan tegangan 33 volt per 1000 ft.

6) Menentukan Transformer

$$\text{KVA} = \frac{1,73 \times A \times Sv}{1000}$$

$$= \frac{1,73 \times 88,1 \times 821,294}{1000}$$

$$= 125,32 \text{ KVA}$$

Dengan katalog transformator kapasitas lebih besar dari 126 KVA, yaitu 150 KVA dengan part number 70941-0, Primary Volts 12500 V, dan Secondary Volts 1200/2400 V.

7) Menentukan Switchboard

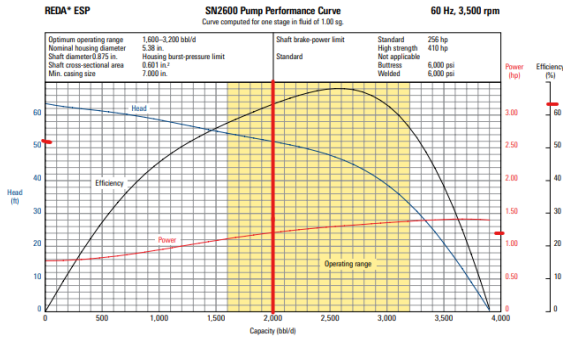
Dipilih untuk jenis switchboard 120 MFH, yang memiliki kapasitas lebih besar dari 725 Volt, 75 HP, 63 A. Untuk switchboard yang dipilih adalah 76A

ukuran 3 dengan kapasitas 1000 Volt, 160 HP, 120 A.

Uji Sensitivitas Dengan Operating Frequency

$$b. \text{Head (80 Hz)} = \left(\frac{80}{60}\right)^2 \times 2860 \text{ ft} = 5084,4 \text{ ft}$$

$$c. \text{Motor load (80 Hz)} = \left(\frac{80}{60}\right)^3 \times 66 \text{ HP} = 106,85 \text{ HP}$$



Gambar 5. Pump Performance Curve SN2600 (Scribd, Richard Suryaputra)

Tabel 5. Analisis Sensitivitas Operating frequency

Frequency	Head	Rate	Motor
60	2860	1574	66
62	3053,84	1626,46	72,82
64	3254,04	1678,93	80,09
66	3460,6	1731,4	87,846
68	3673,51	1783,86	96,07
70	3892,78	1836,3	104,8
72	4118,4	1888,8	114,0
74	4350,37	1941,26	123,6
78	4833,4	2046,2	144,0
80	5084,4	2098,6	106,85

- Menentukan Head dan Motor Load Pada Q sebesar 2000 BFPD, maka diperoleh data sebagai berikut:

a. Head = 52 ft/stages
 Head total = 52 x 55 = 2860 ft

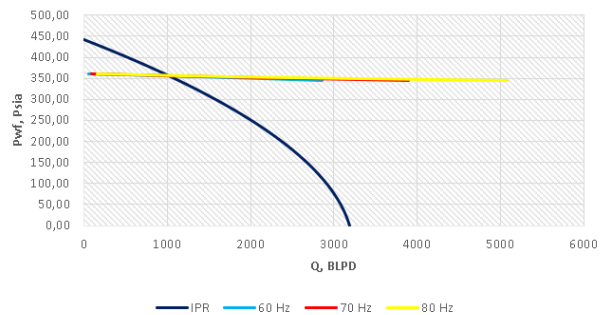
b. Motor load = 1,2 HP/stages
 Motor load total = 1,2 x 55 = 66 HP

- Menentukan Rate, Head dan Motor Load dengan Frekuensi Baru

Pada pompa SN2600 memiliki desain frekuensi awal 60 Hz dengan flowrate 2000 BFPD, Head 2860 ft dan Motor load 66 HP. Dengan menaikkan frekuensi menjadi 80 Hz, maka:

a. Rate (80 Hz) = $\frac{80 \text{ Hz}}{60 \text{ Hz}} \times 2000 \text{ BFPD} = 2666,6 \text{ BFPD}$

Kurva IPR vs Operating Frequency



Gambar 5. Operating Range Sensitivitas Operating Frequency

Uji Sensitivitas Dengan Jumlah Stages

Dengan Q target = 2000 BFPD

- Menentukan densitas fluida campuran Psfc

$$= (350 \times \text{WC} \times \text{SGw}) + (350 (1 - \text{WC}) \times \text{SGo})$$

$$= (350 \times 0,96 \times 1,03) + (350 (1 - 0,96) \times 0,91)$$

$$= 358,82 \text{ lb/STB}$$
- Menentukan densitas tekanan discharge (P2) dan head/stage pada berbagai asumsi laju produksi

$$\begin{aligned} \text{a. } P_{wf} &= P_{si} - \frac{Q}{PI} = 441 - \frac{2000}{11,16} \\ &= 261,78 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } PIP &= P_{wf} - GF \times (PSD - 2718) \\ &= 261,83 - 0,43 \times (2818 - 2718) \\ &= 218,83 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } \text{Vertical Lift (HD)} & \\ &= PSD - \left(\frac{PIP}{Gf}\right) \\ &= 2818 - \left(\frac{218,83}{0,43}\right) = 2309,18 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } \text{Friction loss (F)} & \\ &= \frac{2,083 \times \left(\frac{100}{C}\right)^{1,85} \times \left(\frac{Q}{34,3}\right)^{1,85}}{ID^{4,8655}} \\ &= \frac{2,083 \times \left(\frac{100}{120}\right)^{1,85} \times \left(\frac{2000}{34,3}\right)^{1,85}}{2,450^{4,8655}} \\ &= 35,1/100 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \text{Tubing Friction Loss (HF)} & \\ &= F \times PSD = (35,1/100) \times 2818 \\ &= 98,91 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. } \text{Tubing Head (HT)} & \\ &= \frac{P_{wh}}{Gf} = \frac{87}{0,43} = 202,32 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. } \text{Total Dynamic Head (TDH)} & \\ &= HD + HF + HT \\ &= 2309,18 + 98,1 + 202,32 \\ &= 2610,43 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h. } \text{Perbedaan Tekanan } (\Delta P) & \\ &= TDH \times GF = 2610,43 \times 0,43 \\ &= 1122,48 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i. } P_2 &= PIP + \Delta P \\ &= 218,83 + 1122,48 \\ &= 1341,274 \text{ psi} \end{aligned}$$

3) Menentukan tekanan intake (P3) berdasarkan jumlah stage

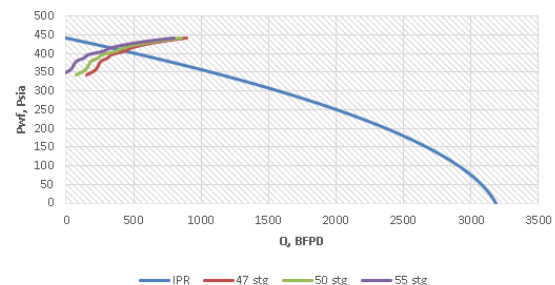
$$\begin{aligned} P_3 &= P_2 - \frac{\rho f_{sc} \times \text{head}/\text{stage}}{808,3131} \times \text{stages} \\ &= 1341,274 - \frac{358,82 \times 52}{808,3131} \times 55 \\ &= 187,1025 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tabel 6. Analisis Sensitivitas Jumlah Stages

Q	Pwf	PIP	HD	F	HF	HT	TDH
1400	315,5	272,5	2184,15	18,14	51,13	202,3256	2437,61
1600	297,63	254,63	2225,83	23,2	65,46	202,3256	2493,62
1800	279,7	236,7	2267,51	28,89	81,39	202,3256	2551,23
2000	261,78	218,78	2309,18	35,101	98,91	202,3256	2610,43
2200	243,86	200,86	2350,86	41,87	117,9	202,3256	2671,18
2400	225,94	182,94	2392,54	49,18	138,59	202,3256	2733,46
2600	208,02	165,02	2434,2	57,03	160,71	202,3256	2797,26
2800	190,1	147,1	2475,89	65,41	184,3	202,3256	2862,5
3000	172,18	129,18	2517,57	74,31	209,42	202,3256	2929,32
3200	154,26	111,26	2559,25	83,74	235,98	202,3256	2997,56
3400	136,34	93,34	2600,92	93,68	263,9	202,3256	3067,25

ΔP	P2	Head	Head/ Stages	P3		
				47	50	55
1048,17	1320,727	3080	56	152,3504	77,77313	-46,5223
1072,25	1326,888	2970	54,0	200,2394	128,3256	8,469334
1097,03	1333,741	2915	53	227,9563	157,3743	39,73754
1122,48	1341,274	2750	50,0	256,3528	239,6953	71,68537
1148,6	1349,476	2695	49,0	306,2822	270,752	128,7173
1175,39	1358,337	2475	45,0	336,0071	369,0463	161,9935
1202,82	1367,849	2365	43	428,9745	423,5925	269,1661
1230,89	1378,004	2145	39	480,8572	523,1659	328,1514
1259,61	1388,795	1815	33	575,1037	667,76	436,6031
1288,95	1400,215	1375	25	711,7073	857,3686	594,5145

Kurva IPR vs Pump Intake Pressure Berdasarkan Jumlah Stages



Gambar 6. Operating Range Sensitivitas Jumlah Stages

Desain Akhir Pompa ESP

Tabel 7. Perubahan Desain Pompa

Desain Pompa	Desain Awal	Desain Akhir
Pump Setting Depth	2818 ft	2818 ft
Pump Intake Pressure	257 psi	218,83 psi
Operating frequency	60 Hz	80 Hz
Number of stages	44	55
Pump Type	REDA SN-2600	REDA SN-2600
Motor Type	540 S-type	540 S-type

Tabel 8. Perubahan Produksi Fluida

<u>Produksi Fluida</u>	Desain Awal	Desain Akhir
<i>Liquid Rate</i>	1574	2000
Target Laju Alir, %	49	63
<u>Efisiensi Pompa, %</u>	58	62

Dapat disimpulkan bahwa uji sensitivitas pada sumur AK P-10 mampu menghasilkan laju alir yang memenuhi target yaitu >60% dari AOFP. Oleh karena itu desain akhir dari pompa dapat dikatakan baik.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Perubahan *operating frequency* dan jumlah *stages* pada setiap pompa sangat berpengaruh, jika *operating frequency* semakin besar maka fluida yang dapat terproduksi juga akan bertambah, lalu jika jumlah *stages* nya semakin banyak maka fluida yang dapat terproduksi juga semakin tinggi.
2. Setelah dilakukan analisis sensitivitas pada sumur AK P-10 didapatkan bahwa efisiensi kinerja pompa dengan desain awal yaitu pompa REDA SN2600 dapat mencapai 63 % dari AOFP.
3. Berdasarkan hasil sensitivitas yang telah dilakukan, maka didapatkan desain akhir pompa ESP untuk sumur AK P-10 dengan tetap menggunakan

pompa REDA SN2600, *operating frequency* 80 Hz dan jumlah *stages* 55.

4. Hasil produksi fluida yang optimum di sumur AK P-10 adalah sebesar 2000 STB/day.

Saran

Untuk mengoptimasi sumur jika mengalami penurunan laju produksi bisa dengan melakukan uji sensitivitas pada *operating frequency* dan jumlah *stages* guna meningkatkan laju produksi dan fluida bisa maksimal terproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker Hughes Company. (1997). *Handbook for Electrical Submersible Pumping System*. Calremore: Centrilift.
- Baker Hughes Company. (2001). *Electrical Submersible Pumps and Equipment*. oklahoma: Centrilift.
- Beggs, H. D. (1991). *Production Optimization Using Nodal Analysis*. Tulsa: Oil & Gas Consultants International Inc.
- Brown, K. E., & Lea, J. F. (1985). *Nodal System Analysis of Oil and Gas Wells*. Society of Petroleum EGINEERING.

- Emguspan Taredi Fikrom. (2021). EVALUASI DAN OPTIMASI *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP* (ESP) PADA SUMUR PE-X1 DAN PE-X3. Universitas Pertamina.
- Guo, B., Lyons, W. C., & Ghalambor, A. (2007). *Petroleum Production Engineering*. Elsevier Science & Technology Books.
- Guo, B., Sun, K., & Ghalambor, A. (2008). *Well Productivity Handbook: Vertical, Fractured, Horizontal, Multilateral and Intelligent Wells*. Houston: Gulf Publishing Company.
- Jaya, P., Rahman, A., & Herlina, W. (2014). *EVALUATION ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP) FOR OPTIMIZATION PRODUCTION AT THE WELL P-028 AND P-029 PT. PERTAMINA EP ASSET 2 PENDOPO FIELD*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Jefry Renaldy. (2021). Bab 4. PERHITUNGAN EVALUASI DAN OPTIMASI ESP DENGAN ANALISA NODAL MENGGUNAKAN VARIASI *STAGES* SECARA MANUAL DAN *SOFTWARE* PIPESIM PADA SUMUR “DET-979” DAN “DET-1097”.
- Kermit, B E. (1977). *The Technology of Artificial Lift Methods*. Tulsa: The Petroleum Publishing Company.
- Schlumberger. (2020). *REDA Electric Submersible Pump Systems*. Houston: Schlumberger.
- Takacs, G. (2009). *Electrical Submersible Pumps Manual*. Oxford: Gulf Professional.
- Vogel, J. (1968). Inflow Performance Relationships for Solution-Gas Drive Wells. *J Pet Technol* 20, 83-92.