
THE OPTIMIZATION OF PUMP TYPE HYDRAULIC PUMPING UNIT BY REDESIGNING WELL SB-02 AT PT SMD TAMPI FIELD

Oleh

Sefilra Andalucia¹, Moh. Riza Zakaria², Rendi Sahputra³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Eksplorasi Produksi Migas Politeknik Akamigas
Palembang, 30257, Indonesia

E-mail : ¹andalucia@pap.ac.id, ²rizazakaria@gmail.com

Article History:

Received: 17-01-2023

Revised: 24-01-2023

Accepted: 18-02-2023

Keywords:

Hydraulic Pumping
Unit, Volumetric
Efficiency,
Optimization, Pump
Redesign

Abstract: *Production is an activity to transport hydrocarbon fluids from the subsurface (reservoir) to the surface. To increase the productivity of a Hydraulic Pump Unit, it is necessary to pay attention to pump production capacity, stroke length, pumping speed. A decrease in pump production can be caused by a variety of factors. This study aims to evaluate the possibility of increasing production in the study well by redesigning the Hydraulic Pump Unit in order to achieve optimum volumetric efficiency in the SB-02 Well in the Lampi Field. In this study, the data processing method by evaluating the installed pump and calculating the evaluation of the installed pump then calculating the volumetric efficiency of the pump if the production of SB-02 Well has not reached the specified target, it is necessary to optimize it. Based on dynagraph analysis, it is known that there is damage in the pump, namely in the fluid pound, so that the pump can be optimized by changing the pump parameters. HPU pump optimization is making an IPR Curve using the Darcy Method, because the water cut is only 1%. The optimization method was doing to change the pump parameters, namely pump stroke speed (SPM) and pump stroke length (SL). To get the optimal combination of pump parameters is done by nodal analysis (Pump Intake Curve). The redesign of the HPU pump optimization method is to change the pump stroke speed from 10 SPM to 9 SPM, Fixed Stroke Length which is 80 inches. After optimization was carried out on the SB-02 Well, the result obtained was an increase in the volumetric efficiency of the installed pump. The volumetric efficiency of the previously installed pump was 58.25% to 75.45%, the increase in production flow rate (Qt) from SB-02 Well was 32.90 bfpd, with the previous flow rate of 217.10 bfpd rising to 250 bfpd.*

PENDAHULUAN

Vapor Recovery Unit atau VRU merupakan teknologi yang digunakan untuk mengambil kembali gas yang terbuang akibat losses pada tangki timbun. Solusi yang dapat diterapkan untuk pengendalian vapor produk yaitu memasang VRU pada tangki timbun yang bertekanan uap tinggi. Metode Vapor Control System yang digunakan adalah vapor

recapture dengan proses *vapor recovery* dengan peralatan VRU. *Vapor* yang ditangkap mencapai 95-99% dapat dialokasikan sebagai bahan bakar operasi. Selain ramah lingkungan dan ekonomis, VRU juga dapat diterapkan secara luas baik di lapangan produksi *onshore* maupun *offshore* (Efendi, 2021).

Salah satu permasalahan yang hingga saat ini masih dihadapi dalam distribusi suatu minyak bumi yang ada di dalam tangki maupun pipa-pipa yang akan dialirkan ke pusat penampungan adalah masalah menyusutnya minyak (*losses*). Faktor penyebabnya *losses* yang secara alamiah tidak dapat dihindari adalah penguapan. Minyak mentah yang menguap bisa menyebabkan bahaya bagi kesehatan manusia dan beresiko terhadap keselamatan kerja. Berdasarkan hal tersebut, penulis akan membahas tentang masalah dan kerugian yang terjadi pada *evaporation losses* dan cara mengatasinya.

Evaporation loss pada tangki disebabkan oleh adanya beberapa faktor penting, antara lain ruang kosong (*ullage*), temperatur cairan, tekanan uap pada fluida. *Evaporation loss* pada Tangki-Y dan Tangki-Z terbilang cukup kecil, namun sangat merugikan yang dimana hanya mencapai rata-rata 1299,211bbl/year.

LANDASAN TEORI

IPR

Sejalan dengan bertambahnya waktu produksi, setiap reservoir akan mengalami penurunan tekanan. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisik fluida maupun batuan reservoir, diantaranya seperti viskositas, faktor volume formasi dan jumlah kelarutan gas di dalam minyak. Di samping itu, penurunan tekanan reservoir dan peningkatan produksi kumulatif mengakibatkan meningkatnya nilai saturasi air hingga berpengaruh terhadap harga permeabilitas relatif minyak. Dengan adanya perubahan tersebut maka akan terjadi pula perubahan kinerja aliran fluida reservoir dari formasi produktif menuju ke lubang sumur sehingga kinerja produksi dari suatu sumur secara keseluruhan akan berubah. Perubahan yang terjadi dalam kelakuan produksi ini dapat diramal dengan membuat kurva IPR masadatang (Pudjo Sukarno, 2001).

Inflow performance relationship (IPR) merupakan pernyataan PI secara grafis yang menggambarkan perubahan-perubahan dari harga tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) versus laju alir (Q) yang dihasilkan karena terjadinya perubahan tekanan alir dasar sumur. Apabila tekanan reservoir dibawah tekanan bubble point minyak, dimana gas semula larut akan terbebaskan, membuat fluida menjadi 2 fasa (Syahrinal, 2015)

Productivity Index (PI) dan Deliverability Index (DI) yang diperoleh dari hasil test maupun dari perkiraan adalah merupakan gambaran secara kualitatif mengenai kemampuan suatu sumur untuk berproduksi. Inflow Performance Relationship (IPR) berperan penting dalam merencanakan fasilitas produksi pada suatu lapangan minyak maupun gas. Dalam kaitannya dengan perencanaan suatu sumur ataupun untuk melihat kelakuan suatu sumur untuk berproduksi, maka IPR dapat didefinisikan sebagai PI yang dinyatakan secara grafik. Sebelum pembuatan kurva IPR harus diketahui terlebih dahulu nilai spesifik gravity fluida (SG_f), gradient tekanan fluida (G_f), tekanan alir dasar sumur (P_{wf}), dan tekanan reservoir (P_r).

METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan data

- 1) Data hasil pengujian sumur produksi yang terdiri atas tekanan statis sumur (P_s), tekanan aliran dasar sumur (P_{wf}), laju alir fluida (Q_t), produksi minyak (Q_t), *water cut* (%), dan besar *dynamic fluid level*.
- 2) Data penampang sumur yang meliputi kedalaman letak pompa (L), jenis pompa *sucker rod*, spesifikasi pompa *sucker rod*, *stroke length* (SL), kecepatan pemompaan (SPM), diameter *plunger*, diameter *tubing*, dan ukuran *rod*.

2. Perhitungan Evaluasi Pompa HPU

- 1) Penentuan SG Fluida Campuran (SG_{mix})
 $SG_{mix} = (SG_w \times WC) + ((1-WC) \times SG_o)$
Gradien fluida = $SG \times 0.433$
- 2) Penentuan tekanan statis (P_s)
 $P_s = (\text{mid perforasi} - SFL) \times 0.433 \times SG_{mix}$
- 3) Penentuan tekanan alir dasar sumur (P_{wf})
 $P_{wf} = (\text{mid perforasi} - DFL) \times 0.433 \times SG_{mix}$
- 4) Penentuan produktivity index (PI)
- 5) Menentukan besarnya harga A_r , M , A_t , A_p , dan K
- 6) Menentukan berat rod (W_r)
 $W_r = L_r \times M$
- 7) Menentukan Beban fluida (W_f)
 $W_f = 0.433 \times SG_{mix} \times ((L \times A_p) - (0.294 \times W_r))$
- 8) Menentukan faktor percepatan (α)
- 9) Menentukan beban polished rod maksimal (W_{max})
 $W_{max} = (1 + \alpha) W_r + W_f$
- 10) Menentukan minimum polished rod load (W_{min})
 $W_{min} = W_r (1 - \alpha - 0.107 \times SG_{mix})$
- 11) Menentukan Stress Maksimum (S_{max}) dan Stress Minimum (S_{min})
- 12) Menentukan Stress Allowable (SA)
- 13) Menentukan Panjang Rod + Tubing Stretch ($e_r + e_t$)
- 14) Menentukan Plunger Overtravel (e_p)
- 15) Menentukan counter balance effect ideal (C_i)
- 16) Menentukan torsi maksimum (T_p)
 $T_p = (W_{max} - 0.95 \times C_i) \times S \times 0.5$
- 17) Menentukan Net Lift Pompa (LN)
- 18) Menentukan Efektif Plunger Stroke (S_p)
 $S_p = S + e_p - (e_t + e_r)$
- 19) Menentukan Pump Displacement (V)
 $V = K \times S_p \times N$
- 20) Efisiensi Volumetris Pompa (E_v)
- 21) Menentukan Horse Power Prime Mover
 - a. Hydraulic Horse Power (H_h)
 $H_h = (7.36 \times 10^{-6}) \times Q \times SG_{mix} \times LN$
 - b. Friction Horse Power (H_f)
 $H_f = (6.31 \times 10^{-7}) \times W_r \times S \times N$

c. Break Horse Power (Hb)

$$Hb = 1,5 \times (Hh + Hf)$$

3. Perhitungan dan Plot Kurva IPR

Setelah dilakukan evaluasi, maka selanjutnya kita lakukan perhitungan optimasi HPU dengan menghitung dan plot kurva IPR menggunakan Metode Darcy dengan rumus :

- 1) Menentukan *Productivity Index* (PI)
- 2) Menentukan besarnya lajur produksi cairan total maksimum
 $Q_{max} = Q \text{ pada } P_{wf} 0 \text{ psi} = PI \times (P_s - P_{wf})$
- 3) Perhitungan Q_t untuk berbagai harga P_{wf}
 $Q = PI \times (P_s - P_{wf})$

4. Perhitungan Optimasi Kurva Pump Intake dan Efisiensi Volumetris

- 1) Menentukan besarnya harga Ar, M, At, Ap, dan K
- 2) Menentukan pump intake pressure (PIP)
 $PIP = P_{wf} - 0,433 \times SG_{mix} \text{ (mid perforasi - kedalaman pompa)}$
- 3) Menentukan kedalaman pompa optimum (L)
- 4) Menentukan berat rod (Wr)
- 5) Menentukan besarnya (Wf)
- 6) Menentukan konstanta a, b dan c
- 7) Dengan mensubstitusikan harga a, b, dan c yang diperoleh dari langkah 6 ke dalam persamaan pump intake, maka diperoleh persamaan
 $P_i = a + bq$
 $P_i = a + cq^2$
- 8) Menentukan satu harga SPM dan mengamsumsikan untuk beberapa harga Q, sehingga diperoleh harga P_i . kemudian plot pasangan data (Q, P_i) untuk harga SPM pada kurva IPR Sumur.
- 9) Demikian juga untuk harga SL dan hasil plot pasangan data (Q, P_i) untuk satu harga SL.
- 10) Dari perpotongan kedua kurva tersebut didapatkan pasangan data (SPM, Q) dan (SL, Q)
- 11) Menghitung kembali optimasi pompa dengan menggunakan hasil dari perpotongan kurva pump intake antara SPM dan SL terhadap Q.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Evaluasi HPU Pada Pompa Terpasang

- 1) Menentukan SG Fluida Campuran (SGmix)

$$\begin{aligned} SG_{mix} &= (SG_w \times WC) + ((1-WC) \times SG_o) \\ &= (1,05 \times 0,01) + ((1-0,01) \times 0,83) \\ &= 0,8322 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gradien fluida} &= SG_{mix} \times 0,433 \\ &= 0,8322 \times 0,433 \\ &= \mathbf{0,36 \text{ psi/ft}} \end{aligned}$$
- 2) Penentuan tekanan statis (P_s)

$$P_s = (\text{mid perforasi} - SFL) \times 0,433 \times SG_{mix}$$

$$= (1161,47 - 269,042) \times 0,433 \times 0,8322$$

$$= \mathbf{321,274 \text{ psi}}$$

- 3) Penentuan tekanan alir dasar sumur (Pwf)

$$P_{wf} = (\text{mid perforasi} - \text{DFL}) \times 0,433 \times \text{SG mix}$$

$$= (1161,47 - 728,382) \times 0,433 \times 0,8322$$

$$= \mathbf{155,9 \text{ psi}}$$

- 4) Penentuan produktivitas index (PI)

$$PI = \frac{Q}{P_s - P_{wf}}$$

$$= \frac{217,10}{321,27 - 155,9}$$

$$= \mathbf{1,313 \text{ STB/day/psi}}$$

- 5) Menentukan besarnya harga Ar, M, At, Ap, dan K (Data Spesifikasi Pompa pada **Lampiran 4**)

- Diameter rod 3/4 inch dari. didapatkan harga
luas rod (Ar) = 0,442 inch²
berat rod per feet (M) = 1,63 lb/ft
- Diameter tubing 2 7/8 inchi dari didapatkan harga:
luas tubing (At) = 1,812 inch²
- Diameter plunger 2 inchi :
luas plunger (Ap) = 3,142 inch
konstanta (K) = 0,466 bpd/in/spm

- 6) Menentukan berat rod (Wr)

$$W_r = R \times M$$

$$= 1148,35 \text{ ft} \times 1,63 \text{ lb/ft}$$

$$= \mathbf{1871,810 \text{ lb}}$$

- 7) Menentukan Beban fluida (Wf)

$$W_f = 0,433 \times \text{SGmix} \times ((L \times A_p) - (0,294 \times W_r))$$

$$= 0,433 \times 0,8322 \times ((1148,39 \times 3,142) - (0,294 \times 552,570))$$

$$= \mathbf{325,274 \text{ lb}}$$

- 8) Menentukan faktor percepatan (α)

$$\alpha = \frac{S \times N^2}{70500}$$

$$= \frac{80 \times 10^2}{70500}$$

$$= \mathbf{0,114}$$

- 9) Menentukan beban polished rod maksimal (Wmax)

$$W_{max} = (1 + \alpha) \times (W_r + W_f)$$

$$= (1 + 0,114) \times (552,570 + 325,274)$$

$$= \mathbf{977,918 \text{ lb}}$$

- 10) Menentukan minimum Polished Rod Load (Wmin)

$$W_{min} = W_r \times (1 - \alpha - (0,107 \times \text{SGmix}))$$

$$= 552,570 \times (1 - 0,114 - (0,107 \times 0,8322))$$

$$= \mathbf{440,373 \text{ lb}}$$

11) Menentukan stress maksimum (S_{max}) dan stress minimum (S_{min})

$$S_{max} = \frac{W_{max}}{A_r}$$

$$= \frac{977,918}{0,442} = 2317,341 \text{ psi}$$

$$S_{min} = \frac{W_{min}}{A_r}$$

$$= \frac{440,373}{0,442} = 1.043,538 \text{ psi}$$

12) Menentukan Stress Allowable (SA)

$$SA = \left(\frac{T}{4} + 0,5625 \times S_{min} \right) \times SF$$

$$= \left(\frac{90000}{4} + 0,5625 \times 1.043,538 \right) \times 0,14$$

$$= 3.232,179 \text{ psi}$$

13) Menentukan Panjang Rod (er) + Tubing Stretch (et)

$$er = \frac{5,2 \times SG_{mix} \times DFL \times A_p \times L}{E \times A_r}$$

$$= \frac{5,2 \times 0,8322 \times 728,382 \times 3,142 \times 339}{30 \times 10^6 \times 0,442}$$

= 0,265 inch

$$et = \frac{5,2 \times SG_{mix} \times DFL \times A_p \times L}{E \times A_t}$$

$$= \frac{5,2 \times 0,8322 \times 728,382 \times 3,142 \times 339}{30 \times 10^6 \times 1,812}$$

= 0,062 inch

14) Menentukan Plunger Overtravel (Ep)

$$ep = \frac{40,8 \times L^2 \times \alpha}{E}$$

$$ep = \frac{40,8 \times 339^2 \times 0,114}{30 \times 10^6}$$

= 0,018 inch

15) Menentukan counter balance effect ideal (Ci)

$$Ci = \frac{W_{max} + W_{min}}{2}$$

$$Ci = \frac{977,918 + 440,373}{2}$$

= 709,146 lb

16) Menentukan torsi maksimum (Tp)

$$\begin{aligned} T_p &= (w_{max} - 0,95 \times Ci) \times S \times 0,5 \\ &= (977,918 - 0,95 \times 709,146) \times 80 \times 0,5 \\ &= 12.169,172 \text{ in-lb} \end{aligned}$$

17) Menentukan Net Lift Pompa (LN)

$$\begin{aligned} LN &= L \\ &= 339 \text{ ft} \end{aligned}$$

18) Menentukan efektif plunger stroke (Sp)

$$\begin{aligned} 19) Sp &= S + ep - (et + er) \\ &= 80 + 0,018 - (0,062 + 0,265) \\ &= 79,691 \text{ inch} \end{aligned}$$

20) Menentukan pump displacement (V)

$$\begin{aligned} V &= K \times Sp \times N \\ &= 0,466 \times 79,691 \times 10 \\ &= 371,36 \text{ bpd} \end{aligned}$$

21) Efisiensi Volumetris Pompa (EV)

$$\begin{aligned} EV &= \frac{Qt}{V} \times 100\% \\ EV &= \frac{217,10}{371,36} \times 100\% \\ &= 58,46\% \end{aligned}$$

22) Menentukan Horse Power Prime Mover

a) Hydraulic horse power (Hh)

$$\begin{aligned} Hh &= (7,36 \times 10^{-6}) \times Q \times SG_{mix} \times LN \\ &= (7,36 \times 10^{-6}) \times 217,10 \times 0,8322 \times 339 \\ &= 0,451 \text{ HP} \end{aligned}$$

b) Friction horse power (Hf)

$$\begin{aligned} Hf &= (6,31 \times 10^{-7}) \times Wr \times S \times N \\ Hf &= (6,31 \times 10^{-7}) \times 552,570 \times 80 \times 10 \\ &= 0,279 \text{ HP} \end{aligned}$$

c) Break horse power (Hb)

$$\begin{aligned} Hb &= 1,5 \times (Hh + Hf) \\ &= 1,5 \times (0,451 + 0,279) \\ &= 1,095 \text{ HP} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan Evaluasi HPU dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

2. Perhitungan dan Plot Kurva IPR

Untuk perhitungan kurva IPR digunakan metode darcy untuk fluida 1 fasa.

1) Menentukan besarnya lajur produksi cairan total maksimum :

$$\begin{aligned} Q_{max} &= Q \text{ pada } P_{wf} = 0 \text{ Psi} = PI \times (P_s - P_{wf}) \\ &= 1,313 \times (321,274 - 0) \\ &= 422 \text{ bpd} \end{aligned}$$

Perhitungan Q untuk berbagai harga Pwf :

$$Q = PI \times (P_s - P_{wf})$$

Dari perhitungan tersebut telah didapatkan hasil seperti yang terlihat pada **Tabel 4.2**.

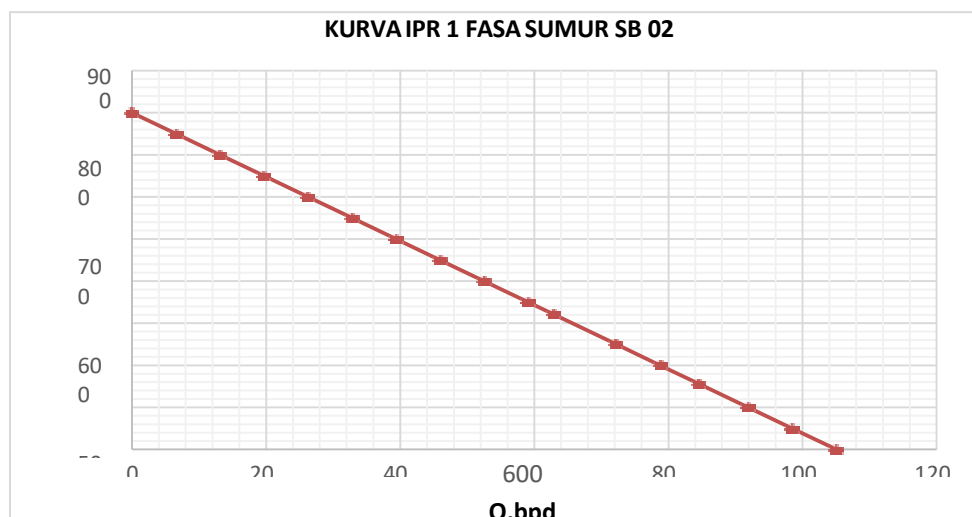
Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Evaluasi *Hydraulic Pumping Unit (HPU)* Sumur SB-02

Parameter	Simbol	Nilai	Nilai
Sg Campuran	SGmix	0,8322	-
Gradien Fluida	GF	0,36	psi/ft
Tekanan Statik	Ps	321,274	psi
Tekanan Alir Dasar Sumur	Pwf	155,9	psi
Produktivity Index	PI	1,313	STB/day/psi
Luas Rod	Ar	0,442	inch ²
Berat Rod Per Feet	M	1,63	lb/ft
Luas Tubing	At	1,812	inch ²
Luas Plunger	Ap	3,142	inch ²
Konstanta	K	0,466	Bpd/in/spm
Berat Rod	Wr	552,570	lb
Berat Fluida	Wf	1236,304	lb
Faktor Percepatan	α	0,113	-
Beban Polished Rod Maksimal	Wmax	1991,017	lb
Minimum Polished Rod Load	Wmin	440,938	lb
Stress Maksimum	Smax	4718,05	psi
Stress Minimum	Smin	1042,768	psi
Stress Allowable	SA	3232,118	psi
Rod Strech	er	0,898	inch
Tubing Strech	er	0,209	inch
Panjang Rod + Tubing Stretch	er + et	1,107	inch
Plunger Overtravel	ep	0,203	inch
Counter Balance Efect Ideal	Ci	1215,978	lb
Torsi Maksimum	Tp	96.795.107,621	in-lb
Net Lift Pompa	LN	1148,35	ft
Efektif Plunger Stroke	Sp	79,096	inch
Pump Displacement	V	372,8	BPD
Efisiensi Volumetris	EV	58,25	%
Hidroulic Horse Power	Hh	1,527	HP
Friction Horse Power	Hf	0,279	HP
Break Horse Power	Hb	2,709	HP

Tabel 2 Data Hasil Perhitungan Q untuk setiap Pwf Asumsi

Pwf asumsi	Qt
800	0
750	66
600	263
550	328
500	394
450	460
400	525
321	629
300	657
250	722
200	788
150	853
100	919
50	985
0	1050

Berdasarkan perhitungan performance Sumur SB 02 pada Tabel 4.2 di atas sebelumnya, maka didapatkan Kurva IPR Sumur SB 02 seperti pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 1 Kurva IPR Sumur SB 02

3. Perhitungan Optimasi Kurva Pump Intake dan Efisiensi Volumetris

1) Menentukan besarnya harga Ar, M, At, Ap, dan K

- Diameter rod 3/4 inch dari Tabel 4.4. didapatkan harga:

Luas rod (A_r) = 0,442 inch

Berat rod tiap feet (M) = 1,63 lb/ft

- Diameter *tubing* 2 7/8 inch dari Tabel 4.4. didapatkan harga :

Luas tubing (A_t) = 1,812 inch²

- Diameter *plunger* 2 inch dari Tabel 4.4. didapatkan harga :

Luas plunger (A_p) = 3,142 inch

Konstanta (K) = 0,466 bpd/in/spm

2) Menentukan kedalaman pompa (L)

$L = 1300$ ft

3) Menentukan berat rod (W_r)

$$W_r = M \times L$$

$$= 1,63 \times 1300$$

$$= 2119 \text{ lb}$$

4) Menentukan besarnya (W_f) :

$$W_f = 0,433 \times SG_{mix} \times L \times A_p$$

$$= 0,433 \times 0,8322 \times 1300 \times 3,142$$

$$= \mathbf{1471,855 \text{ lb}}$$

5) Menentukan konstanta a, b dan c untuk persamaan :

$$a = 1/A_p (W_f + (0,9 - 0,5063 S_f) W_r - (T/4 S_f \times A_r))$$

$$= 1/3,142 (1471,855 + (0,9 - 0,5063 \times 0,14) - (90000/4 \times 0,14 \times 0,422))$$

$$= 585,298$$

$$b = \frac{2119 \times N}{54600 \times K \times 3,142} \times (1 + (0,5625 \times SF) - (1 - 0,5625 \times SF) \times \frac{C}{P})$$

$$= \frac{2119 \times N}{54600 \times 0,466 \times 3,142} \times (1 + (0,5625 \times 0,14) - (1 - 0,5625 \times 0,14) \times 0,33)$$

$$= 0,020 \times N$$

$$c = \frac{WR}{45120 \times K^2 \times A_p \times S} \times (1 + (0,5625 \times SF) - (1 - 0,5625 \times SF) \times \frac{C}{P})$$

$$= \frac{WR}{45120 \times 0,466^2 \times 3,142 \times S} \times (1 + (0,5625 \times 0,14) - (1 - 0,5625 \times 0,14) \times 0,33)$$

$$= 0,025/S$$

6) Dengan mensubstitusikan harga a, b, dan c yang diperoleh dari langkah 5 dalam Persamaan Pump Intake, maka diperoleh persamaan :

$$P_i = a + bq$$

$$P_i = 585,298 + (0,020 \times N) q$$

$$P_i = a + cq^2$$

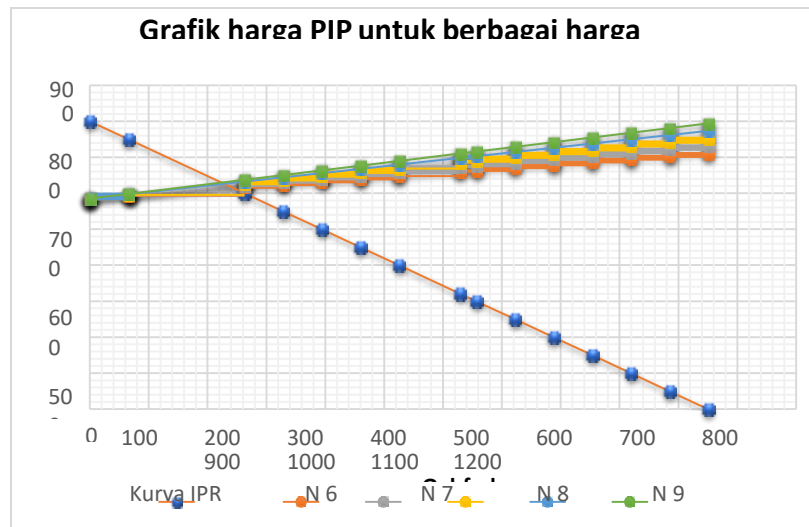
$$P_i = 585,298 + (0,025/S) q^2$$

7) Menentukan satu harga SPM dan mengamsumsikan untuk beberapa harga Q, sehingga diperoleh harga P_i . Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 kemudian plot pasangan data (Q, P_i) untuk harga SPM pada kurva IPR Sumur, dapat dilihat pada

Tabel 3.

Pwf asumsi	Qt	N				
		6	7	8	9	10
800	0	585,298	585,298	585,298	585,298	585,298
750	66	593,134	594,440	595,746	597,052	598,358
600	263	616,642	621,866	627,090	632,314	637,538
550	328	624,478	631,008	637,538	644,068	650,598
500	394	632,314	640,150	647,986	655,822	663,658
450	460	640,150	649,292	658,434	667,577	676,719
400	525	647,986	658,434	668,883	679,331	689,779
321	629	660,324	672,829	685,333	697,838	710,342
300	657	663,658	676,719	689,779	702,839	715,899
250	722	671,495	685,861	700,227	714,593	728,959
200	788	679,331	695,003	710,675	726,347	742,019
150	853	687,167	704,145	721,123	738,101	755,079
100	919	695,003	713,287	731,571	749,855	768,140
50	985	702,839	722,429	742,019	761,610	781,200
0	1050	710,675	731,571	752,467	773,364	794,260

- 8) Membuat Grafik yang menunjukkan harga *pump intake pressure* (PIP) untuk berbagai harga *stroke per minute* (SPM) dan laju alir (Q), dapat dilihat pada Gambar 2.



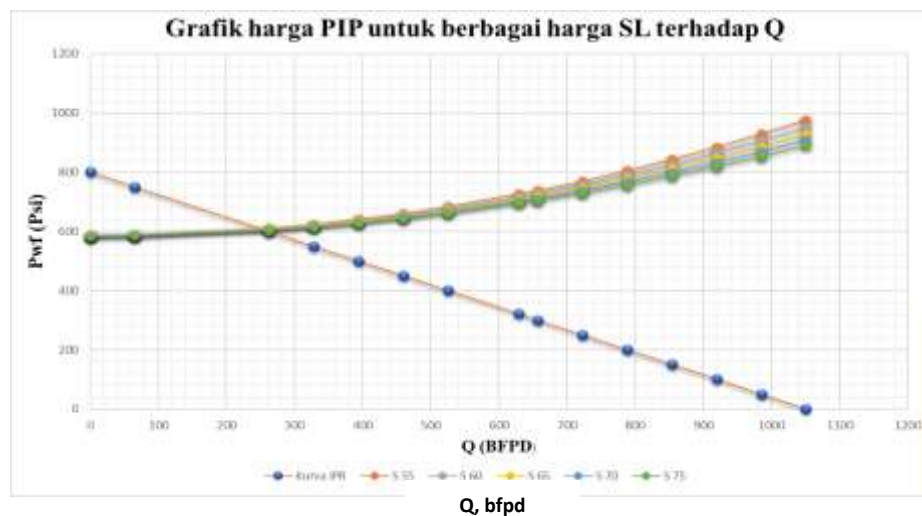
Gambar 2 Grafik Harga PIP untuk berbagai Harga SPM dan Q

- 9) Demikian juga untuk harga SL, hasilnya dapat dilihat dapat dilihat **Tabel 4.4**, dan hasil plot pasangan data (Q, Pi) untuk satu harga SL dapat dilihat pada **Gambar 4.3**

Tabel 4. Harga Pi untuk Beberapa Harga Q dan SPM asumsi

Pwf Asumsi i	Qt	N				
		6	7	8	9	10
800	0	585,29 8	585,29 8	585,29 8	585,29 8	585,29 8
750	66	593,13 4	594,44 0	595,74 6	597,05 2	598,35 8
600	263	616,64 2	621,86 6	627,09 0	632,31 4	637,53 8
550	328	624,47 8	631,00 8	637,53 8	644,06 8	650,59 8
500	394	632,31 4	640,15 0	647,98 6	655,82 2	663,65 8
450	460	640,15 0	649,29 2	658,43 4	667,57 7	676,71 9
400	525	647,98 6	658,43 4	668,88 3	679,33 1	689,77 9
321	629	660,32 4	672,82 9	685,33 3	697,83 8	710,34 2
300	657	663,65 8	676,71 9	689,77 9	702,83 9	715,89 9
250	722	671,49 5	685,86 1	700,22 7	714,59 3	728,95 9
200	788	679,33 1	695,00 3	710,67 5	726,34 7	742,01 9

150	853	687,16 7	704,14 5	721,12 3	738,10 1	755,07 9
100	919	695,00 3	713,28 7	731,57 1	749,85 5	768,14 0
50	985	702,83 9	722,42 9	742,01 9	761,61 0	781,20 0
0	1050	710,67 5	731,57 1	752,46 7	773,36 4	794,26 0



Gambar 3 Grafik Harga PIP untuk Berbagai Harga SL dan Q

10) Dari perpotongan kedua kurva tersebut didapatkan pasangan data (SPM,Q) dan (SL, Q) yang dapat dilihat pada **Tabel 4.5** di bawah ini.

Tabel 5 Tabel Pasangan data (SPM, Q) dan (SL, Q)

Pwf, psi

SPM	Q	SL	Q
6	265	70	242
7	260	75	245
8	255	80	250
9	250	85	258
10	240	90	262

Data tersebut kemudian diplot menjadi satu kurva pada skala yang sama sehingga diperoleh hubungan SPM dan SL terhadap Q. Hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 4.4** di bawah ini.

1. Perhitungan Optimasi *Hydraulic Pumping Unit*

Berikut merupakan hasil perpotongan kurva dari SPM dan SL terhadap Q yang digunakan untuk mendapatkan SPM, SL dan Q yang akan digunakan untuk perhitungan optimasi:



Gambar 4. Kurva Hubungan SPM dan SL Terhadap Q Optimasi HPU

Tabel 6 Data Hasil Optimasi HPU

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang langkah (SL)	80	Inch
Kecepatan langkah (SPM)	9	SPM
Produksi total (Qt)	250	BFPD
Pwf	560	Psi

1) Menentukan peak polished rod load (PPRL) dan minimum polished rod load (MPRL)

a. $\alpha = \left(\frac{s \times N^2}{70500} \right)$

$$\alpha = \left(\frac{80 \times 9^2}{70500} \right) = 0,092$$

$$= 0,092$$

$$\begin{aligned} \text{b. } PPRL &= W_f + W_r (1 + \alpha) \\ &= 1471,855 + 2119 (1 + 0,064) \\ &= \mathbf{3785,62 \text{ lb}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } MPRL &= W_r (1 - a - 0,127 \times SG \text{ mix}) \\ &= 2119 (1 - 0,064 - 0,127 \times 0,8322) \\ &= \mathbf{1700,277 \text{ lb}} \end{aligned}$$

2) Menentukan stress maksimum (S_{max}) dan stress minimum (S_{min})

$$\begin{aligned} S_{max} &= \frac{PPRL}{A_r} \\ S_{max} &= \frac{3785,623}{0,442} \\ &= 8573,244 \text{ psi} \\ S_{min} &= \frac{MPRL}{A_r} \\ S_{min} &= \frac{1700,277}{0,442} \\ &= \mathbf{3850,591 \text{ psi}} \end{aligned}$$

3) Menghitung *stress allowable* (SA)

$$\begin{aligned} SA &= \frac{T}{4} + 0,5625 \times S_{min} \times SF \\ SA &= \frac{90000}{4} + 0,5625 \times 3986,729 \times 0,14 \\ &= 3513,391 \text{ psi} \end{aligned}$$

4) Menentukan counter balance effect ideal (C_i)

$$\begin{aligned} C_i &= \frac{PPRL + MPRL}{2} \\ C_i &= \frac{3785,623 + 1700,277}{2} \\ &= \mathbf{2742,950 \text{ lb}} \end{aligned}$$

5) Menentukan torsi maksimum (T_p)

$$\begin{aligned} TP &= (PPRL - 0,95 \times C_i) \times S/2 \\ &= (3785,623 - 0,95 \times 2742,950) 80/2 \\ &= \mathbf{6489,014 \text{ in-lb}} \end{aligned}$$

6) Menentukan *Net Lift* Pompa (LN)

$$\begin{aligned} LN &= L \\ LN &= 1300 \end{aligned}$$

7) Menentukan Panjang *Plunger* (ep)

$$ep = \frac{40,8 \times L^2 \times \alpha}{E}$$

$$ep = \frac{40,8 \times 1300^2 \times 0,092}{30 \times 10^6}$$

$$= 0,2113 \text{ inch}$$

8) Menentukan Panjang *Tubing stretch* + *Rod stretch* (et+er)

$$er = \frac{5,2 \times SG_{mix} \times DFL \times Ap \times L}{\frac{E \times Ar}{30 \times 10^6 \times 1,812}}$$

$$= \frac{5,2 \times 0,8322 \times 728,382 \times 3,142 \times 1300}{30 \times 10^6 \times 1,812}$$

$$= 0,970 \text{ inch}$$

$$et = \frac{5,2 \times SG_{mix} \times DFL \times Ap \times L}{\frac{E \times Ar}{30 \times 10^6 \times 0,442}}$$

$$= \frac{5,2 \times 0,8322 \times 728,382 \times 3,142 \times 1300}{30 \times 10^6 \times 0,442}$$

$$= 0,237 \text{ inch}$$

Jadi, Panjang *Tubing stretch*:

$$= \text{Rod stretch (et + er)}$$

$$= (0,970 + 0,237)$$

$$= 1,207 \text{ inch}$$

9) Menentukan efektif *plunger stroke* (Sp)

$$Sp = S + ep - (et + er)$$

$$= 70 + 0,146 - 1,207$$

$$= 79,004 \text{ inch}$$

10) Menentukan Pump displacement (V)

$$V = K \times Sp \times N$$

$$= 0,466 \times 79,004 \times 9$$

$$= 331,327 \text{ bpd}$$

11) Efisiensi Volumetris (EV)

$$EV = \frac{Qt}{V} \times 100\%$$

$$EV = \frac{250}{331,327} \times 100\%$$

$$= 75,45 \%$$

12) Menentukan *horse power prime mover*

a. Hydraulic Horse Power (Hh)

$$Hh = (7,36 \times 10^{-6}) \times Q \times SG_{mix} \times LN$$

$$= (7,36 \times 10^{-6}) \times 250 \times 0,8322 \times 1300$$

$$= 1,991 \text{ HP}$$

b. Friction Horse Power (Hf)

$$\begin{aligned} H_f &= (6,31 \times 10^{-7}) \times W_r \times S \times N \\ &= (6,31 \times 10^{-7}) \times 2119 \times 80 \times 9 \\ &= \mathbf{0,963 \text{ HP}} \end{aligned}$$

c. Break Horse Power (Hb)

$$\begin{aligned} H_b &= 1,5 \times (H_h + H_f) \\ &= 1,5 \times (1,991 + 0,963) \\ &= \mathbf{4,431 \text{ HP}} \end{aligned}$$

PEMBAHASAN

Berdasarkan dari hasil data *dynagraph* pada sumur "WB-02" diketahui dari hasil evaluasi adalah *fluid pound*, *pump off*, sumur dengan level cairan rendah, efisiensi volumetris 58,25%, yaitu jika pompa menembus fluida pada waktu *down-stroke*, guncangan dan kehilangan atau penurunan beban pada *polished rod* secara tiba-tiba akan terjadi. Peristiwa ini disebabkan karena hanya sebagian fluida mengisi ke dalam pompa pada waktu *down-stroke*. Hal ini dapat terjadi karena kapasitas produksi sumur relatif kecil atau dapat disebabkan oleh adanya hambatan fluida mengalir masuk ke dalam pompa. Penanggulangan *fluid pound* dapat diatasi dengan cara Mengurangi kecepatan pompa (SPM), Panjang langkah (SL), dan Mengatur kedalaman (PSD).

Tahapan evaluasi meliputi menghitung efisiensi volumetris pompa menggunakan data reservoir, data sumur, data produksi dan data pompa. Setelah dianalisa sumur "WB-02" memiliki efisiensi volumetris senilai 58,25 % sehingga perlu dioptimalkan karena tidak mencapai efisiensi volumetris minimal pompa (70%) agar dapat bekerja secara maksimal dengan produksi maksimum. Pompa tersebut dapat langsung dioptimalkan karena tidak terdapat kerusakan pada pompa tanpa harus melakukan perbaikan terlebih dahulu.

Tahapan optimasi yaitu berupa membuat kurva *inflow performance relationship* (IPR) yang akan digunakan untuk menentukan harga P_i untuk beberapa harga Q dan SPM asumsi dan juga Harga P_i untuk beberapa harga Q dan SL asumsi. Dari hasil perpotongan kedua kurva tersebut didapatkan pasangan data (SPM, Q) dan (SL, Q). Berdasarkan kurva SPM dan SL terhadap Q telah didapatkan hasil optimasi dengan data *Stroke Length* (SL) sebesar 80 inch dan *Stroke Per Minute* (SPM) sebesar 9 SPM dengan laju alir total (Q_t) sebesar 250 BFPD dengan kedalaman pompa mencapai 1300 ft. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan optimasi menggunakan data hasil tersebut. Dari perhitungan optimasi didapatkan hasil efisiensi volumetris (EV) sebesar 75,45%. Dari hasil perhitungan evaluasi dan optimasi pompa disarankan pompa tersebut untuk dilakukan optimasi agar dapat menaikkan jumlah produksi minyak dari sumur tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan Hasil Perhitungan Evaluasi dan Optimasi *Hydraulic Pumping Unit* (HPU) Sumur SB 02 Lapangan, yang telah dilakukan di PT SMD, maka dapat disimpulkan, bahwa :

1. Sumur SB 02 ini mengalami *pump off*, ketika sumur yang dipasang pompa tidak mengeluarkan fluida contoh pada *tubing pump* pada saat *up-stroke* dan *down-stroke* sehingga tidak adanya hembusan atau fluida pada saat evaluasi *dynagraph* menunjukkan adanya *fluid pound* dengan efisiensi volumetris 58,25%, yaitu pompa menembus fluida pada *polished rod* secara tiba-tiba akan terjadi.

2. Perhitungan kurva IPR menggunakan metode *Darcy* fluida satu fasa. Perhitungan laju alir produksi total (Q_t) dengan berbagai harga P_{wf} asumsi maka didapatkan hasil laju alir produksi maksimum (Q_{max}) sebesar 422 bpd. Optimasi.
3. Efisiensi volumetris pompa hydraulic pumping unit terpasang sebesar 58,25%, maka efisiensi volumetris pompa belum memenuhi kriteria sesuai dengan efisiensi menurut teori (minimal 70%), maka diperlukan adanya perbaikan atau penggantian instalasi pompa, baik itu dipengaruhi oleh gas anchor dan mud anchor atau pasir terhadap instalasi pompa, sehingga perlu dilakukan optimasi untuk meningkatkan efisiensi volumetris pompa.
4. Optimasi yang dilakukan dengan mengubah parameter kecepatan langkah pompa (SPM) dan panjang langkah (SL) dan juga kedalaman pompa. Optimasi HPU mendapatkan hasil panjang langkah pompa (SL) = 80 inch, kecepatan langkah pompa (SPM) = 9 SPM, laju alir produksi total (Q_t) = 250 BFPD dengan kedalaman pompa 1300 ft dan efisiensi volumetris (EV) = 75,45%.

DAFTAR PUSTAKA :

- [1] Setiorini, I., & Faputri, A. (2021, July 30). P Depreciation Due To Evaporation (Evaporation Loss) In Floating Roof Tank Type Tanks. *Patra Akademika Journal Of Engineering*, 12(01), (Pp. 33-38).
<https://doi.org/10.52506/jtpa.v12i01.124>
- [2] Brown, K.E. (1980). *The Technology of Artificial Lift Method*. Volume 2a. Tulsa, Oklahoma: Penn Well Publishing Company.
- [3] Brown, K.E. (1980). *The Technology of Artificial Lift Methods*. Volume 4. The University of Tulsa. Tulsa: Petroleum Publishing Co.
- [4] Craft, B.C, Holden, W.R, dan Graves, E.D (1962): *Well design: Drilling and production*, Englewood Cliffs, New Jersey
- [5] Faiz, Syahrinal. Djoko Sulistyanto dan Samsol. (2015). *Studi Optimasi Kinerja Sucker Rod Pump Pada Sumur A-1, A-2, Z-1 Dan Z-2 Menggunakan Perangkat Lunak Prosper*. Universitas Trisakti.
- [6] Fitrianti. (2013). *Perencanaan Pengangkatan Buatan Dengan Sistem Pemompaan Berdasarkan Data Karakteristik Reservoir*. *Jurnal Of Earth Energy Engineering*.
- [7] H, Henra, Hartono, Ibrahim, Eddy dan Yusup Maulana. (2014). *Evaluasi Penggunaan sucker rod pump pada sumur RB-36 RB-91 dan RB-135 dengan menggunakan data sonolog dan dynamometer untuk meningkatkan produksi di Pt. Pertamina EP asset 1 field ramba*. Universitas sriwijaya Palembang.
- [8] Pudjo Sukarno. (1990). *Production Optimization With Nodal System Analysis*. PT. Indrillco Sakti, Jakarta.
- [9] Gabor, Takacs, dan Phd. (2015). *Sucker-Rod Pumping Handbook Petroleum Engineering Department, Publishing Gulf Professional*. University of Publishing Miskolc Hungary.