

# **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**

## **EVALUATION OF THE USE OF SUCKER ROD PUMP ON WELL RB-36 RB-91, RB-135 USING DATA SONOLOG AND DYNAMOMETER TO INCREASE PRODUCTION IN PT PERTAMINA EP ASSET 1 FIELD RAMBA**

**Henra Hartono H<sup>1</sup>, Eddy Ibrahim<sup>2</sup>, Maulana Yusuf<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya Sumatera Selatan, Indonesia  
Telp/Fax. (0711) 580137 ; email : [hendra\\_hutasoit18@yahoo.com](mailto:hendra_hutasoit18@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

Secara umum metode produksi dibagi menjadi dua, yaitu sembur alam (*natural flow*) dan pengangkatan buatan (*artificial lift*). Sembur alam merupakan metoda mengalirnya fluida dari zona perforasi ke permukaan sumur secara alamiah, hal ini disebabkan tekanan reservoir yang mendorong fluida naik ke permukaan masih sangat tinggi. Seiring dengan waktu berproduksi, maka terjadi penurunan tekanan reservoir dan keadaan ini menyebabkan berkurangnya tingkat produksi sumur tersebut, maka untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan cara pengangkatan buatan (*artificial lift*). Adapun tujuan dari *artificial lift* adalah untuk membantu pengangkatan fluida dari dalam sumur ke permukaan. Salah satu metode pengangkatan ini, yaitu sucker rod pump. Untuk meningkatkan produktivitas suatu pompa sucker rod pump perlu diperhatikan kapasitas produksi pompa, panjang langkah, kecepatan pemompaan maupun letak kedalaman pompa. Sumur RB-36, RB-91, dan RB-135 adalah sumur migas yang terdapat di lapangan Ramba, PT Pertamina EP Asset 1 Field Ramba. Berdasarkan analisis kurva IPR Vogel diperoleh laju produksi maksimal ( $Q_{maks}$ ) untuk masing-masing sumur, yaitu RB-36 sebesar 612,18 BFPD, RB-91 sebesar 336,18 BFPD dan RB-135 sebesar 306,70 BFPD, sedangkan dari data sonolog diperoleh bahwa produksi sumur RB-36 sebesar 485 BFPD, RB-91 sebesar 257 BFPD dan RB-135 sebesar 236 BFPD. Berdasarkan hasil analisis dan optimasi yang telah dilakukan diperoleh besar laju produksi yang dapat dicapai sumur RB-36 sebesar 500 BFPD, sumur RB-91 sebesar 283 BFPD dan sumur RB-135 sebesar 270 BFPD. Dari hasil uji dynamometer akan diperoleh data pump card ketiga sumur tersebut. Dari analisis data pump card ketiga sumur tu diperoleh bahwa sumur RB-36 mengalami fluid acceleration, sumur RB-91 mengalami kebocoran pada travelling valve, sedangkan untuk RB-135 mengalami kerusakan pada standing valvenya.

Kata kunci : Sucker Rod Pump, Reservoir, Sonolog, Dynamometer

### **ABSTRACT**

In general the method of production is divided into two, namely the natural flow and artificial lift. Natural flow is a method of fluid flow from the well to the surface of the perforation zone naturally, this is due to reservoir pressure that drives fluid rises to the surface is still very high. Along with the time of production, the reservoir pressure drops and this has resulted in reduced levels of production wells, then to overcome this problem can be done by means of artificial lift. The purpose of Artificial Lift is to assist in the removal of fluid from the well to the surface. One type of artificial lift is sucker rod pump. To increase the productivity of a sucker rod pump noteworthy production capacity pump, stroke length, pumping speed and the location of the pump depth. The well RB-36, RB-91 and RB-135 is contained in the oil and gas wells Ramba field, PT Pertamina EP Asset 1 Field Ramba. Based on the analysis of the Vogel IPR curve obtained maximum production rate ( $Q_{maks}$ ) for each well that is RB-36 at 612.18 BFPD, RB-91 at 336.18 and RB-135 at 306.70 BFPD, while from the data sonolog obtained for RB-36 is 485 BFPD, for RB-91 is 257 BFPD and for RB-135 is 236 BFPD. Based the analysis and optimization has been done obtained large production rate can be achieved well RB-36

for 500 BFPD, well RB-91 for 283 BFPD and RB-135 wells at 270 BFPD. Based the result of dynamometer test will be obtained data pump card of the wells. The pump card data for three wells obtained that the RB-36 wells having fluid acceleration, well RB-91 experienced a leak in the traveling valve, whereas for the RB-135 was damaged on standing valve.

Key Word : Sucker Rod Pump, Reservoir, Sonolog, Dynamometer

## 1. PENDAHULUAN

Produksi minyak bumi pertama sekali dilakukan dengan menggunakan *natural flow* atau sembur alam. Hal ini dikarenakan pada awal produksi tekanan dari dasar *reservoir* masih sangat kuat. Tetapi, seiring berjalannya produksi, tekanan *reservoir* suatu sumur akan berkurang, hal ini dapat menghambat berlanjutnya produksi. Untuk mengangkat fluida yang ada dalam *reservoir*, maka diciptakan alat pengangkat buatan (*artificial lift*). Pengangkat buatan terdiri dari beberapa macam oleh sebab itu dalam pemilihan *artificial* yang tepat perlu memperhatikan hal-hal berikut produktifitas sumur, tekanan *reservoir*, *gas liquid ratio* (GLR), kedalaman zona produksi, kemiringan lubang sumur, ukuran *casing* dan *tubing*, karakteristik fluida *reservoir* dan temperatur sumur [1].

PT Pertamina EP *Asset 1 Field* Ramba merupakan salah satu perusahaan minyak terkemuka di Indonesia. Sumur-sumur yang berproduksi di PT Pertamina EP *Asset 1 Field* Ramba hampir semuanya dilakukan dengan bantuan *artificial lift*. *Artificial lift* yang digunakan di PT Pertamina EP *Asset 1 Field* Ramba adalah *sucker rod pump* (SRP), *hydraulic pumping unit* (HPU), *electric submersible pump* (ESP), dan *progresive cavity pump* (PCP). Metoda *artificial lift* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *sucker rod pump*. *Sucker rod pump* adalah *artificial* yang dapat mengangkat minyak dari dalam bumi dengan menggunakan pompa. Pompa *sucker rod* digerakkan oleh *prime mover* yang menggunakan sumber tenaga gas ataupun listrik.

Untuk meningkatkan produktifitas suatu pompa *sucker rod pump* perlu diperhatikan kapasitas produksi pompa, panjang langkah, kecepatan pemompaan maupun letak kedalaman pompa. Penurunan produksi pompa dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Pada sumur RB-36, RB-91, dan RB-135 mengalami penurunan produksi hal ini dikarenakan yang tidak sesuai dengan target optimum yang dapat dicapai oleh pompa tersebut. Berdasarkan analisa kurva IPR masing-masing sumur diperoleh bahwa kemampuan berproduksi untuk masing-masing sumur tersebut adalah sebagai berikut: untuk RB-36 sebesar 612.18 BFPD, RB-91 sebesar 336.18 BFPD dan RB-135 sebesar 306.70 BFPD. Sedangkan berdasarkan data produksi PT Pertamina EP *Field* Ramba diperoleh produksi untuk masing-masing sumur tersebut adalah sebagai berikut untuk sumur RB-36 sebesar 485 BFPD, RB-91 sebesar 257 BFPD dan RB-135 sebesar 236 BFPD (PT.Pertamina EP *Asset 1 Field* Ramba, 2014). Berdasarkan data produksi di atas diperoleh bahwa kemampuan produksi pompa yang terpasang saat ini belum mencapai kemampuan optimal dari pompa yang diharapkan yaitu antara 75%-85% sehingga perlu dilakukan evaluasi untuk meningkatkan kembali produksi pompa tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

Didalam melaksanakan penelitian permasalahan ini, Penulis menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Adapun data yang digunakan yaitu berupa data primer dan data sekunder.

Data Primer, yaitu data yang dikumpulkan dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan seperti mengamati kecepatan pemompaan, panjang langkah, kondisi pompa, dan data-data lain yang dapat menunjang pada pelaksanaan di lapangann. Data Sekunder, yaitu data yang dikumpulkan berdasarkan literatur dan referensi, meliputi spesifikasi alat, data produksi, data *mechanical* status sumur dan data-data lain yang dapat mendukung dalam penyelesaian penelitian.

*Sukcer rod pump* merupakan metode *artificial lift* yang paling banyak dgunakan dalam dunia perminyakan. *Sucker rod pump* banyak digunakan pada sumur-sumur yang dangkal. Dalam pengoperasiannya pompa SRP sering timbul masalah yang mengakibatkan penurunan produksi. Secara umum pompa *sucker rod* terdiri dari tiga jenis *Conventional Unit*, *Mark*

II dan Air Balance [2]. Adapun tahapan proses pengolahan data diawali dengan melakukan melakukan uji *sonolog* untuk mengetahui tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ) dan tekanan *reservoir* ( $P_s$ ). *Sonolog* adalah chart suara, hasil pantulan suara dari dalam sumur produksi yang direkam oleh *amplifier recorder* yang tujuannya untuk mengetahui kedalaman *level* cairan di *annulus* [3]. Dengan kata lain *sonolog* digunakan untuk mengetahui *level* cairan yang ada dalam sumur. *Sonolog* bekerja berdasarkan prinsip gelombang atau suara. Sumber gelombang suara pada pengoperasian alat ini berasal dari penembakan atau pengaliran gas yang bertekanan secara cepat

Gelombang suara yang ditembakkan ke dasar sumur akan dipantulkan kembali ke permukaan. Hasil pantulan suara dari dalam sumur produksi yang direkam oleh *amplifier recorder* yang tujuannya untuk mengetahui kedalaman *level* cairan di *annulus*. Sumber gas yang digunakan pada alat ini adalah gas  $N_2$  dan gas  $CO_2$ , hal ini dikarenakan kedua gas tersebut tidak bereaksi dengan hidrokarbon yang ada di dalam sumu [4]. Dari data *sonolog* ini, maka akan ditentukan nilai *productivity index* sumur. *Productivity index* (PI) merupakan suatu besaran yang menunjukkan kemampuan berproduksi dari suatu lapisan dalam suatu formasi, dimana secara defenisi merupakan perbandingan laju produksi ( $Q$ ) yang dihasilkan oleh suatu sumur atau *reservoir* pada suatu tekanan alir dasar sumur tertentu terhadap perbedaan tekanan dasar sumur pada keadaan statik ( $P_s$ ) dan tekanan dasar sumur pada saat terjadi aliran ( $P_{wf}$ ). Pengukuran *productivity index* didasarkan pada total produksi *liquid* yaitu produksi air miyak dan gas [5]. Secara matematis *productivity index* dinyatakan dalam hubungan sebagai berikut:

$$PI = \frac{Q}{P_s - P_{wf}} \quad (1)$$

Untuk mengetahui kemampuan produksi maksimum dari ketiga sumur tersebut maka dilakukan perhitungan kurva IPR sumur tersebut. Kurva IPR merupakan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi. Menurut hasil penelitian Vogel (1968), untuk aliran fluida 2 fasa (minyak dan gas) akan diperoleh bentuk kurva IPR berupa lengkungan dan diasumsikan bahwa sumur tidak mengalami kerusakan ataupun perbaikan. Menurut Brown (1984) kurva IPR dua fasa oleh Vogel dapat diformulasikan dalam bentuk persamaan berikut [2]:

$$\frac{Q_o}{Q_{maks}} = 1 - 0,2 \left[ \frac{P_{wf}}{P_s} \right] - 0,8 \left[ \frac{P_{wf}}{P_s} \right]^2 \quad (2)$$

Untuk melakukan optimasi pada *sucker rod pump* menurut Brown (1984) diperlukan perhitungan-perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut [6]:

1. Menentukan besarnya harga  $A_p$ ,  $A_{Tr}$ ,  $K$ ,  $W_f$  dan  $W_r$

$$A_p = 0,25 \pi d^2 \quad (3)$$

$$A_{Tr} = 0,25 \pi d^2 \quad (4)$$

$$K = 0,1484 A_p \quad (5)$$

$$W_r = L \{ (M_1 \times L_1) + (M_2 \times L_2) \} \quad (6)$$

$$W_f = 0,433 \times G \times L \times A_p \quad (7)$$

Menentukan konstanta a,b,dan c

$$a = \frac{1}{A_p} [W_f + (0,9 - 0,5063SF)W_r - \left(\frac{T}{4}\right)(SF \times A_{Tr})C_p] \quad (8)$$

$$b = \frac{W_r \times n}{56400 K A_p} [1 + 0,5625SF] + (1 - 0,5625SF)C_p \quad (9)$$

$$c = \frac{W_r}{45120 K_2 A_p} [(1 + 0,5625SF) + (1 - 0,5625SF)C_p] \quad (10)$$

2. Cari nilai pump intake untuk berbagai nilai N dan Q. dimana persamaan *pump intake* untuk N adalah sebagai berikut:

$$P_i = a + b Q N \quad (11)$$

Cari nilai Pump intake untuk berbagai nilai S dan Q dimana Persamaan *Pump Intake* Untuk S adalah sebagai berikut:

$$P_i = a + (c / s )Q^2 \quad (12)$$

3. Kemudian plot pasangan data P dan Q dari hasil perhitungan di atas (langkah 3) untuk satu harga N pada kurva IPR sumur. Selanjutnya *plot* harga (Q, P) untuk satu harga S pada kurva IPR
4. Dari hasil perpotongan kurva *pump intake* dengan kurva IPR diperoleh pasangan data harga P dan Q dan juga pasangan data antara harga P dengan S
5. Kemudian *plot* hasil pasangan diatas dan hasil perpotongannya merupakan hasil optimasi
6. Menentukan *peak polished rod load* (PPRL) dan *minimum polished rod load* (MPRL)

$$PPRL = W_f + (0,9 + \alpha_1) W_r - P A_p \quad (13)$$

$$MPRL = (0,9 + \alpha_2) W_r \quad (14)$$

Dimana  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha_1 = \frac{(S \times N^2)}{70500} (1 + C_p) \quad (15)$$

$$\alpha_2 = \frac{(S \times N^2)}{70500} (1 - C_p) \quad (16)$$

Nilai konstanta  $C_p$  ini bervariasi tergantung pada jenis *prime mover* yang digunakan.

7. Menentukan *stress* maksimum ( $S_{max}$ ) dan *stress* minimum ( $S_{min}$ )  
Untuk menentukan Stress Maksimum ( $S_{max}$ ) dan Stress Minimum ( $S_{min}$ ) dimana digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Stress_{max} = \frac{PPRL}{A_{r_{total}}} \quad (17)$$

$$Stress_{min} = \frac{MPRL}{A_{r_{total}}} \quad (18)$$

8. Kemudian periksa apakah desain sudah cukup aman untuk menahan *stress* maksimum yang terjadi ( $S_A \geq S_{max}$ )

$$S_A = \left( \frac{T}{4} + 0,5625 \times S_{min} \right) SF \quad (19)$$

9. Untuk menentukan harga *stroke plunger* efektif ( $e_p$ )

$$e_p = \frac{40,8 \times L_{pump}^2 \times \alpha}{30,10^6} \quad (20)$$

10. Menentukan kehilangan langkah ( $e_t + e_{r_{total}}$ )

Untuk menghitung factor kehilangan langkah pada *tubing* ( $e_t$ ) maka digunakan persamaan yaitu sebagai berikut :

$$e_t = \frac{5,20 \times SG_{mix} \times DFL \times A_p \times L_{pump}}{E \times A_t} \quad (21)$$

Keterangan :

- PI = *productivity index*
- Q = laju proksi (bbl/d)
- Ps = tekanan statik *reservoir*, psi
- Pwf = tekanan alir dasar sumur, psi
- Qmax = laju produksi maksimal, BFPD
- Qo = laju produksi awal, BFPD
- Pwf = tekanan alir dasar sumur, psi
- Ps = tekanan statik dasar sumur, psi
- Ap = luas penampang *plunger*, in<sup>2</sup>
- Atr = luas penampang *top rod*, in<sup>2</sup>
- Wr = berat *rod* di udara, lb
- Wf = berat fluida, lb
- G = spesifik gravity Fluida
- L = panjang *rod string*, ft

- $M_1$  = berat *rod* atas, lb/ft
- $M_2$  = berat *rod* bawah, lb/ft
- $L_1$  = fraksi panjang *rod* bagian atas, ft
- $L_2$  = fraksi panjang *rod* bagian bawah, ft

Untuk mengetahui permasalahan yang dialami pompa *sucker rod*, maka digunakan alat *dynamometer*. *Dynamometer* adalah alat yang digunakan untuk mencatat beban dari *sucker rod string* dan beban lainnya [7]. *Dynamometer* digunakan untuk mencatat gerakan beban *polished rod* selama siklus pompa berlangsung. Dengan alat *dynamometer* ini, maka dapat diketahui *performance* dari *sucker rod pump*. *Dynamometer* sendiri pada prinsipnya adalah alat pengukur beban pada *polished rod* yang merupakan batang paling atas dari rangkaian pompa. Data hasil analisa *dynamometer* berupa *surface card* dan *pump card*. *Surface card* menunjukkan kerja dari *polished rod* sehingga dapat diketahui nilai maksimum dan minimum beban *polished rod*, sedangkan *pump card* merekam siklus dari gerakan *up stroke* dan *down stroke* pompa. Dengan adanya data *dynamometer* ini, maka masalah-masalah yang dapat mengganggu kinerja pompa dapat diatasi atau dapat diukurangi, sehingga nantinya tidak akan meggangu kinerja laju produksi pompa. Dari berbagai bentuk data *dynamometer card* yang terekam dilapangan maka dapat dianalisa berbagai masalah yang dapat mengganggu kinerja pompa. Beberapa masalah yang dapat mengganggu perpompa pompa seperti berikut ini [8]:

1. *leaking standing valve*
2. *leaking traveling valve* atau *plunger*
3. *fluid pound*
4. *unanchored tubing*
5. *bent* atau *sticking pump barrel*
6. *worn* atau *split pump barrel*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data *sonolog* (Tabel 1) diperoleh bahwa laju produksi sumur RB-36 sebesar 485 BFPD dimana panjang langkahnya 144 dan kecepatan pemompaanya 9 SPM. Untuk sumur RB-91 diperoleh bahwa laju produksi 257 BFPD dimana panjang. langkahnya 144 dan kecepatan pemompaanya 6.8 SPM. Sedangkan untuk sumur RB-135 diperoleh bahwa laju produksi 236 BFPD dimana panjang langkahnya 144 dan kecepatan pemompaanya 5 SPM. Dari data perhitungan yang telah dilakukan pada sumur RB-36 diperoleh bahwa efisiennya 63.58 %, untuk sumur RB-91 diperoleh bahwa efisiensinya sebesar 45.71%, sedangkan untuk sumur RB-135 diperoleh bahwa efisiensinya 57.987%. Berdasarkan nilai tersebut dapat dinyatakan bahwa kinerja pompa terpasang masih kurang baik, atau masih jauh dari yang diharapkan yaitu sebesar 80%. Untuk meningkatkan peningkatan produksi pada RB-91 maka dilakukan optimasi yaitu dengan mengubah parameter panjang langkah dan kecepatan pemompaanya Untuk pembuatan kurva IPR RB-36 (Gambar 1), maka terlebih dahulu mencari PI (Produktifitas Indeks) sumur dengan persamaan (1):

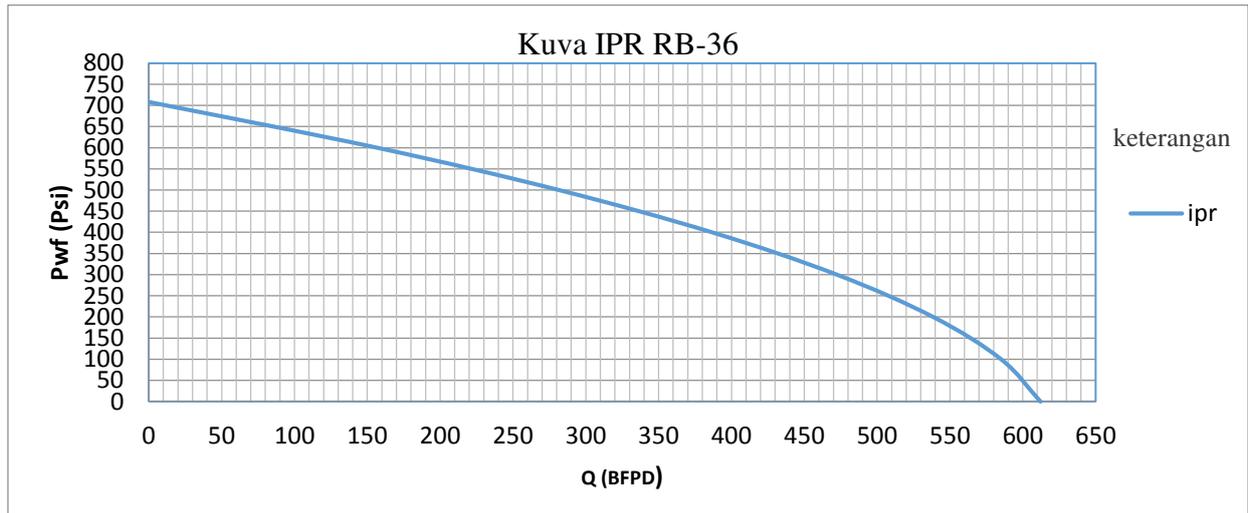
$$PI = \frac{Q}{P_s - P_{wf}}$$

$$PI = \frac{485 \text{ BFPD}}{705,50 \text{ psi} - 281 \text{ psi}}$$

$$PI = 1,14 \text{ BFPD/psi}$$

Tabel 1 Data sonolog Sumur RB-36, RB-91 dan RB-135

Data Sonolog	RB-36	RB-91	RB-135	Satuan
Laju produksi fuida	485	257	236	BFPD
Laju Produksi minyak	42	61	49	BOPD
Laju produksi air	443	196	187	BWPD
Static fluid level	1328,74	405	264	ft
Dynamic fluid level	1056,43	581	770	ft
Water cut	91%	76,2%	79,05%	fraksi
Specific gravity oil	0,85	0,85	0,85	-
Specific gravity water	1,02	1,014	1,014	-
Tekanan statik sumur (Ps)	705,50	704	711	psi
Tekanan alir dasar sumur (Pwf)	282	304	303	psi
Panjang langkah (SL)	144	144	144	inch



**Gambar 1. Kurva IPR RB-36**

Untuk melakukan optimasi pada sumur RB-36 maka dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- . Menentukan besarnya harga  $A_t$ ,  $A_p$ ,  $A_r$ , dan  $K$

$$A_t = \frac{3,14}{4} \times (2 + 7/8)^2$$

$$= 6,48 \text{ in}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (2 + 1/4)^2 \text{ in}^2$$

$$= 3,97 \text{ in}^2$$

$$A_r = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (3/4)^2 \text{ in}^2$$

$$= 0,441563 \text{ in}^2$$

$$K = 0,4184 \times A_p$$

$$= 0,1481 \times 3,97$$

$$= 0,58$$

- Menentukan besarnya harga Berat Rod String ( $W_r$ ) dan Berat Fluida ( $W_f$ ) dengan Persamaan sebagai berikut :

$$W_{r1} = 1,63 \times L_{R1}$$

$$= 1,63 \text{ lb/ft} \times 1427,91 \text{ ft}$$

$$= 2327,49 \text{ lb}$$

$$W_{r2} = 2,16 \times L_{r2}$$

$$= 2,16 \text{ lb/ft} \times 1081,60 \text{ ft}$$

$$= 2336,25 \text{ lb}$$

$$W_{r \text{ tot}} = W_{r1} + W_{r2}$$

$$= 2327,49 \text{ lb} + 233,25 \text{ lb}$$

$$= 4663,75 \text{ lb}$$

$$W_f = 0,433 \times G \times H \times A_p$$

$$= 0,433 \times 0,99 \times 2906,33 \times 3,97$$

$$= 5165,07 \text{ lb}$$

- Menentukan nilai dari *Pump Intake* pompa dengan persamaan

$$P_{ip} = a + b \times N \times Q$$

$$P_{ip} = a + (c/s) \times Q^2$$

Untuk menentukan nilai pump intake pompa maka terlebih dahulu mencari nilai konstanta a, b dan c dengan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{A_p} [W_f + (0,9 - 0,5063SF)W_r - \left(\frac{T}{4}\right)(SF \times A_{tr})]$$

$$b = \frac{W_r}{56400 K A_p} [1 + 0,5625SF] + (1 - 0,5625SF) C_p]$$

$$c = \frac{W_r}{45120 K^2 A_p} [(1 + 0,5625SF) + (1 - 0,5625SF) C_p]$$

Berdasarkan data perhitungan sebelumnya telah dicari nilai  $W_f$ ,  $SF$ ,  $W_r$  dan nilai  $A_{tr}$  untuk sumur RB-36 sehingga didapat perhitungan untuk konstanta a sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{A_p} [W_f + (0,9 - 0,5063SF)W_r - \left(\frac{T}{4}\right)(SF \times A_{tr})]$$

$$= \frac{1}{3,97} [5088,43 + (0,9 - 0,5063 \times 0,909) 4663,75 - \left(\frac{90000}{4}\right)(0,909 \times 0,60)]$$

$$= -1296,61$$

Untuk konstanta b perhitungannya sebagai berikut:

$$b = \frac{5088,43}{56400 \times 0,58 \times 3,97} [1 + 0,5625 \times 0,909] + (1 - 0,5625 \times 0,909) \times 0,32]$$

$$b = 0,047933965$$

untuk perhitungan konstanta c sebagai berikut :

$$c = \frac{W_r}{45120 K^2 A_p} [(1 + 0,5625SF) + (1 - 0,5625SF)C_p]$$

$$c = \frac{5088,43}{45120 \times 0,58^2 \times 3,97} [(1 + 0,5625 \times 0,909) + (1 - 0,5625 \times 0,909) 0,32]$$

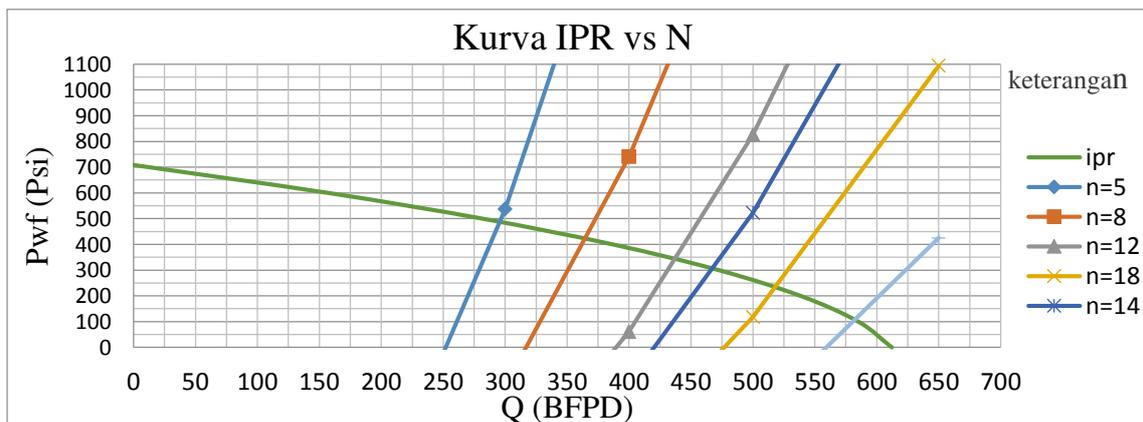
$$c = 0,10$$

Harga PIP dapat dicari dengan mensubstitusi nilai konstanta a, b dan kedalam persamaan *pump intake* pompa, sehingga persamaan pump intake pompa RB-36 sebagai berikut:

$$P_{ip} = -1296,61 + 0,047933965 N Q$$

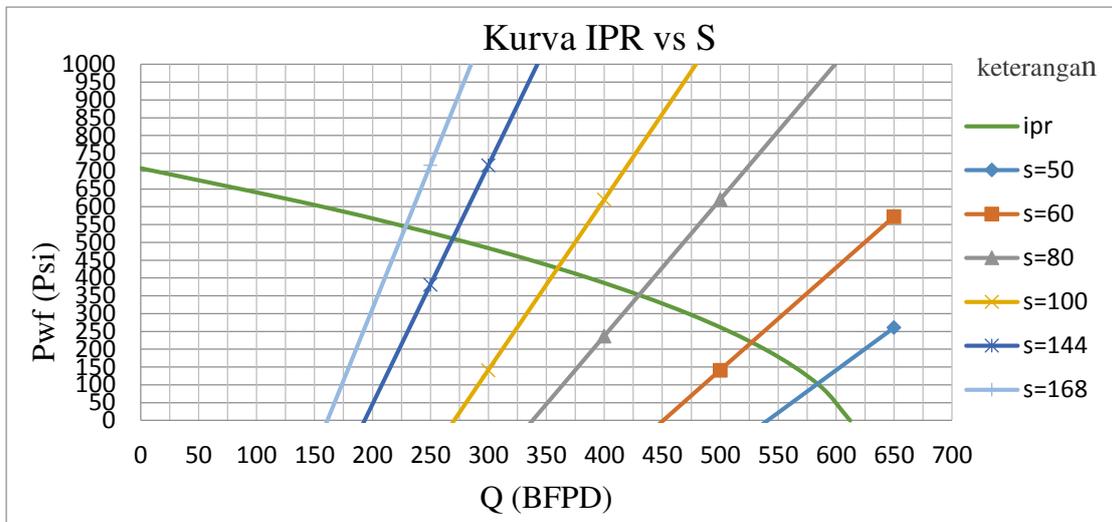
$$P_{ip} = -1296,61 + (0,101872/s) Q^2$$

Dari persamaan di atas nilai *pump intake* pompa dapat dicari dengan menentukan satu harga  $N$  dan  $SL$  dan mengasumsikan beberapa harga  $Q$ . Dari hasil perhitungan PIP untuk berbagai nilai  $N$  yang telah dilakukan kemudian diplot dan dikombinasikan dengan kurva IPR sehingga akan diperoleh perpotongan kurva IPR dengan berbagai harga  $N$  seperti pada Gambar 2. Dari hasil perpotongan kurva IPR dengan berbagai harga  $N$  maka diperoleh hasil berbagai laju produksi untuk berbagai macam pemompaan ( $N$ ).

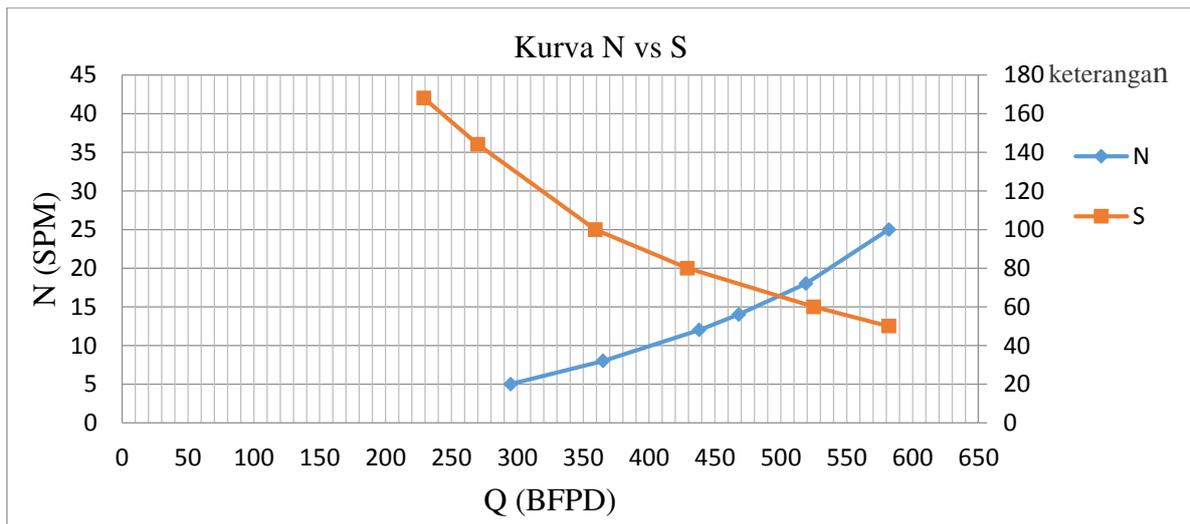


Gambar 2. Perpotongan Kurva IPR dengan N RB-36

Berdasarkan hasil perhitungan PIP untuk berbagai nilai S yang telah dilakukan kemudian diplot dan dikombinasikan dengan kurva IPR sehingga akan diperoleh perpotongan kurva IPR dengan berbagai harga S seperti pada (Gambar 3). Dari hasil perpotongan tersebut, maka akan diperoleh data besar laju produksi untuk berbagai panjang langkah (S). Dari perpotongan kedua kurva tersebut didapatkan pasangan data (N,Q,PIP) dan (S,Q,PIP). Plot pasangan data (N,Q,PIP) dan (S,Q,PIP) menjadi satu kurva sehingga diperoleh kurva hubungan N dan S terhadap Q dapat dilihat pada Gambar 4. Dari perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh hasil optimasi untuk sumur RB-36, RB-91 dan RB-135 seperti pada tabel 2.



Gambar 3. Kurva IPR vs S RB-36



Gambar 4. Kurva N vs S RB-36

Tabel 2. Hasil Optimasi Untuk Sumur RB-36, RB-91 dan RB-135

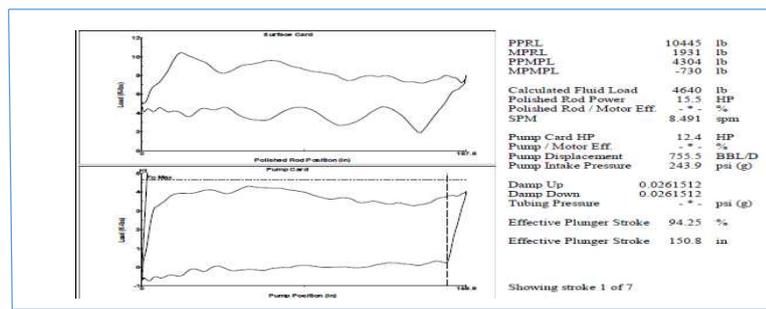
Sumur	Panjang Langkah (Inch)	Kecepatan pemompaan (SPM)	Laju produksi (BFPD)
RB-36	68	16	500
RB-91	78	7,5	283
RB-135	78	7,5	270

*Dynamometer* adalah alat yang digunakan untuk mencatat beban dari *sucker rod string* dan beban lainnya. Alat ini juga dapat digunakan untuk mengetahui adanya kerusakan sistem pompa di dalam sumur, yaitu berdasarkan pada penyimpangan terhadap beban (lebih besar atau lebih kecil) dari yang seharusnya diderita oleh *polished rod*. Hasil dari *dynamometer* tersebut adalah berupa *pump card* dan *surface card*.

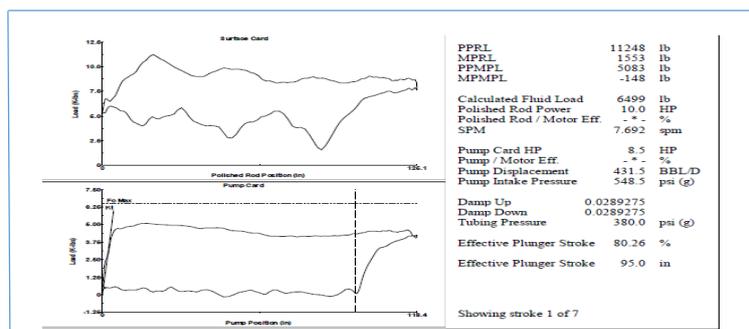
Dari hasil data *dynamometer* untuk sumur RB-36 didapat bentuk *pump card* seperti pada Gambar 5. Dari bentuk *pump card* yang didapat dari perekaman *dynamometer* (Gambar 5) dapat dilihat bahwa pada saat pompa menembus fluida pada waktu *downstroke*, pompa terisi oleh fluida dengan beban yang hampir mendekati maksimum. Tetapi pada saat awal *upstroke* berjalan beban fluida ( $F_o$  maks) yang diderita *polished rod* pada saat *upstroke* tidak sampai ke puncak maksimum. Hal ini dikarenakan sumur tersebut mengalami *fluid acceleration*, artinya pada saat fluida yang memasuki *plunger* sebagian fluida tersebut langsung turun kembali kedalam *pump barrel* sebelum *travelling valvenya* menutup. Kemungkinan fluida tersebut mempunyai viskositas yang rendah. Dimana Viskositas merupakan kemampuan fluida untuk menahan laju alirannya dengan kata lain viskositas itu merupakan pengukuran dari ketahanan fluida. Untuk mencegah hal ini dapat terjadi dapat dilakukan dengan memasang pompa dengan *double travelling valves*

Untuk sumur RB-91 diperoleh bentuk *pump card* seperti Gambar 6. Untuk sumur RB-91 dapat dilihat adanya masalah pada *standing valve* ini menyebabkan pompa tidak dapat terisi penuh pada saat *downstroke*. Kemungkinan penyebab masalah pada *standing valve* ini yaitu adanya pasir yang ikut masuk kedalam pompa menyebabkan *standing valvenya* terganjal. Pada saat *upstroke* dapat dilihat bahwa pompa hampir terisi dengan penuh dengan fluida, artinya beban fluida yang ditanggung *polished rod* hampir mendekati maksimum. Tetapi di pertengahan *up stroke* beban yang diderita *polished rod* jadi berkurang atau cenderung menurun menjauh dari beban maksimum ( $F_o$  maks) yang harusnya ditahan *polished rod*. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya kebocoran pada *travelling valve* pompa yang menyebabkan fluida keluar dari dalam pompa.

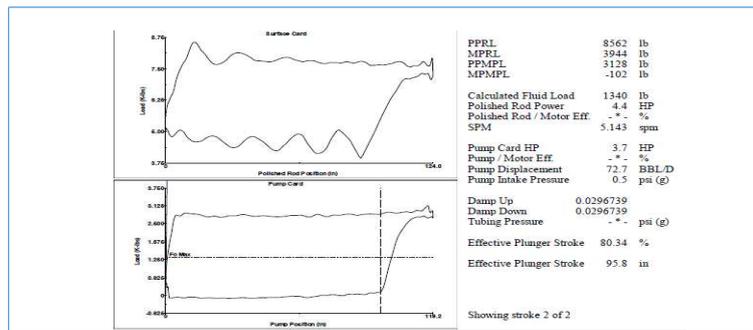
Untuk sumur RB-91 diperoleh bentuk *pump card* seperti Gambar 7. Dari gambar *pump card* yang ada didapat bahwa sumur RB-135 mengalami masalah pada *standing valvenya*. Hal ini dapat dilihat bahwa saat pompa *downstroke*, pompa hanya terisi fluida sebagian. Dari Gambar 3 dibawah ini dapat dilihat beban fluida yang ditanggung *polished rod* pada saat awal *upstroke* jauh dari beban maksimumnya. Beban fluida yang diderita *polished rod* dari awal *upstroke* sampai pada akhir *upstroke* relatif normal atau konstan artinya *travelling valvenya* bekerja dengan baik. Dari perhitungan yang telah dilakukan untuk penambahan kedalaman pada sumur RB-36 dan RB-135 maka diperoleh hasil optimasi seperti pada pada Tabel 3.



Gambar 5. Pump Card RB-36



Gambar 6. Pump Card RB-91



Gambar 7. Pump Card RB-135

Tabel 3. Hasil optimasi sumur RB-36 dan RB-135 dengan penambahan kedalaman sebesar 250 ft

Sumur	Panjang Langkah(Inch)	Kecepatan Pemompaan (SPM)	Laju Produksi (BFPD)
RB-36	60	19	515
RB-135	82	8	285

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dibahas sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh data bahwa besar laju produksi yang dapat dicapai sumur RB-36 sebesar 500 BFPD, sumur RB-91 sebesar 283 BFPD dan sumur RB-135 sebesar 270 BFPD.
2. Berdasarkan data *pump card* dari data *dynamometer* dari masing-masing sumur diperoleh bahwa menurunnya efisiensi pompa RB-36 karena adanya *fluid acceleration*, untuk RB-91 efisiensi pompa disebabkan kerusakan pada *travelling valve*, sedangkan untuk RB-135 penurunan efisiensi pompa disebabkan oleh kerusakan pada *standing valvenya*.
3. Dengan penambahan kedalaman sebesar 250 ft maka diperoleh peningkatan laju produksi untuk RB-36 sebesar 515 BFPD dan RB-91 sebesar 285 BFPD

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tjondro, B. (2005). *Artificial Lift*. Jakarta: PT. Medco E&P Indonesia.
- [2] Gabor, T (1947). *Sucker Rod Pumping Manual*. Tulsa: South Sheridan Road
- [3] Brown.K.E (1977). *The Technology of Artificial Lift Methods*. Volume 1. Tulsa: The University of Tulsa. Petroleum Publishing Co.
- [4] Schlumberger. (1999). *Introduction and Basic Principles of Artificial Lift*. Texas: Schlumberger
- [5] James, W. J. (2012). The Design Of Sucker Rod Pump System. *Paper Society of Petroleum Engineers* 20152. Texas A&M University. 1, 4-8
- [6] Marco A. D. Bezerra, L.S., Barreto,F. (2012). *Pattern Recognition For Downhole Dynamometer Card In Oil Rod Pump System Using Artificial Neural Networks*. Portugal: University of Beira Interior (UBI)
- [7] Imam, H. (1998). Qualitative Analysis Of The dynamometer Diagram For Improving the pumping system. *Paper Society of Petroleum Engineers*.1, 8-12
- [8] Peng, Cheng. (2013). Application of Ontology to Knowledge Management of Sucker Rod Pumping System Fault Diagnosis. *PRC Journal of Automation and Control Engineering*. Tsinghua University 1, (2), 5-8
- [9] Allen.L.F and Svinos.J.G. (2005). Rod Pumping Optimation Program Reduce Equipment Failurs and Operating Cost. *Paper Society of Petroleum Engineers* 13247. 1, 3-4
- [10] Guliano,F.A. (1989). *Introduction to Oil and Gas Tecnology*. New Jersey : Prentice Hall