

# EVALUASI DAN ANALISA PERMASALAHAN *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP* UNTUK MENINGKATKAN LAJU PRODUKSI PADA SUMUR “X” LAPANGAN “Y”

Oleh: RAKA FATURAKMAN

Pembimbing: Aries Prasetyo

Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Sains Bandung

Email: Rakafaturakman@gmail.com

---

---

## ABSTRAK

Menurut data base sumur “X” pada lapangan “Y”, sumur tersebut sudah diproduksi menggunakan Artificial Lift berupa Electric Submersible Pump sejak 24 april 2013 dengan pompa terpasang Powerlift QM 200 ARC/40/418/2340/103. Pada oktober 2016 laju produksi awal sebesar 13708 BFPD. ESP terpasang pada PSD 4022 ft dengan TDH 2974.218 ft. Seiring berjalannya waktu laju produksi yang dihasilkan pompa menurun sebesar 12960 BFPD. Menurut Pump Performance Curve Powerlift tipe QM 200 ARC dengan casing 8 5/8 tersebut masih memenuhi kapasitas pompa yang terpasang. Namun, ESP pada sumur “X” mengalami permasalahan EDHP (Electrical Downhole Problem) dan Underload. Terjadinya permasalahan Underload maka pompa tersebut akan dilakukan penyesuaian kembali Pump Setting Depth (PSD) nya.

Hasil dari optimasi laju produksi pada pompa ESP terpasang pada sumur “X” dengan kedalaman 3950 ft hingga 4100 ft menunjukkan bahwa pompa tersebut kurang optimal untuk dijadikan parameter optimasi laju produksi karena laju produksi yang dihasilkan kurang dari Q yang diharapkan yaitu 14106 BFPD. Untuk mendapatkan fluida sebesar 14106 BFPD maka dilakukan sensitivitas pompa dan stage. Pompa REDA J1200N merupakan pompa yang tepat untuk digunakan pada sumur “X” karena menghasilkan efisiensi sebesar 79% dibandingkan existing dan pompa yang lain.

**Kata Kunci:** ESP, artificial lift, pump setting depth, production.

## ABSTRACT

*According to the data base for the well "X" in the field "Y", the well has been produced using an Artificial Lift in the form of an Electric Submersible Pump since April 24, 2013 with the pump installed Powerlift QM 200 ARC/40/418/2340/103. In October 2016 the initial production rate of 13708 BFPD. The ESP is mounted on a 4022 ft. PSD with a TDH of 2974,218 ft. Over time the production rate produced by the pump decreased by 12960 BFPD. According to the Pump Performance Curve Powerlift, the QM 200 ARC type with 8 5/8 casing still fulfills the installed pump capacity. However, the ESP in well "X" has EDHP (Electrical Down hole Problem) and Under load problems. If there is an under load problem, the pump will be readjusted for its Pump Setting Depth (PSD).*

*The results of the optimization of the production rate on the ESP pump installed in the "X" well with a depth of 3950 ft to 4100 ft indicate that the pump is not optimal to be used as a parameter for optimizing the production rate because the production rate is less than the expected Q, which is 14106 BFPD. To get a fluid of 14106 BFPD, the sensitivity of the pump and stage is carried out. The REDA J1200N pump is the right pump for use in the "X" well because it produces an efficiency of 79% compared to existing and other pumps.*

**Kata Kunci:** ESP, artificial lift, pump setting depth, production.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia masih bergantung pada minyak dan gas bumi untuk memenuhi kebutuhan energi, namun produksi minyak cenderung menurun sementara kebutuhan terus meningkat. Diperlukan solusi jangka pendek hingga menengah untuk mengatasi masalah ini. Salah satu solusinya adalah menggunakan mekanisme pengangkatan buatan, seperti *Electrical Submersible Pump* (ESP), untuk mendorong fluida reservoir ke permukaan. ESP adalah pompa listrik yang terpasang di dalam sumur dan bekerja dengan memberikan tekanan tambahan pada fluida reservoir.

Pada sumur "X" di lapangan "Y", digunakan pompa ESP jenis POWERLIFT QM 200 ARC/40 dengan pump setting depth 4022 ft MD. Namun, pompa tersebut tidak beroperasi sejak 3 Juni 2018 karena masalah *Electrical Downhole Problem* (EDHP) dan underload. Jika tidak segera ditangani, produksi harian sumur tidak akan mencapai target. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi produksi dengan mempertimbangkan pengaturan ulang tingkat kedalaman pompa, jenis pompa, dan jumlah stage. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan kembali penggunaan ESP dengan parameter-produksi yang sesuai agar sumur dapat beroperasi dengan baik dan mencapai target yang diinginkan.

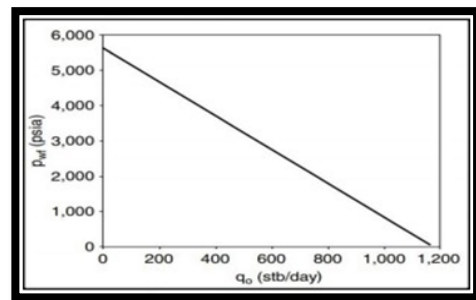
Melalui kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR), dapat diketahui laju produksi maksimum dan sisa cadangan yang masih ada. Dengan desain ESP yang tepat, sumur "X" memiliki potensi untuk meningkatkan laju produksinya secara optimal. Hasil yang diharapkan dari perencanaan ulang ini adalah tersusunnya desain ESP baru yang dapat mencapai optimalisasi laju produksi yang diinginkan sesuai kemampuan sumur, sehingga pompa dapat beroperasi dalam jangka waktu yang ditargetkan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Inflow Performance Relationship* (IPR)

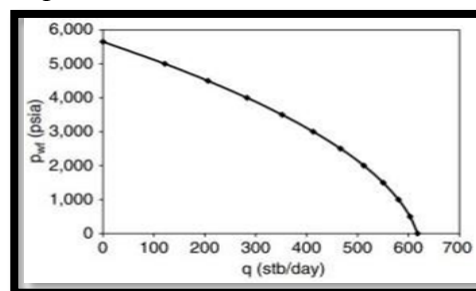
*Inflow Performance Relationship* (IPR) merupakan bentuk hubungan antara tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ) dengan laju produksi gross ( $Q$ ). Kurva IPR menggambarkan bentuk hubungan antara tekanan alir dasar sumur dengan laju produksi. IPR merupakan komponen yang sangat penting dimana akan berguna untuk:

- Menentukan potensi sumur produksi.
- Memprediksi laju alir pada tekanan tertentu.
- Menentukan target laju produksi yang diinginkan dari suatu perencanaan artificial lift.



Gambar 2. 1 Kurva IPR Satu Fasa

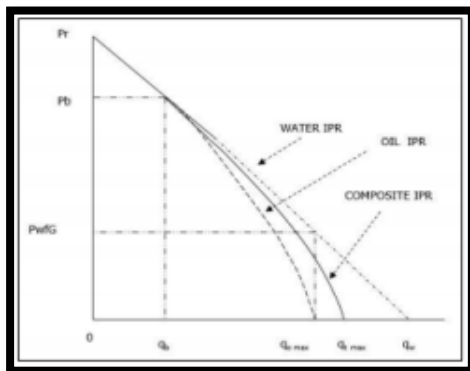
Pada gambar berikut terdapat kurva yang menggambarkan kemampuan suatu reservoir dalam memproduksi fluida. Pembuatan kurva IPR dibagi berdasarkan jumlah fasa aliran, yaitu aliran satu fasa, aliran dua fasa dan aliran tiga fasa atau disebut dengan composite. Kurva IPR satu fasa dapat digunakan untuk kondisi reservoir undersaturated atau ketika tekanan reservoir berada diatas tekanan *bubble point*.



Gambar 2. 2 Kurva IPR Dua Fasa

Pada **gambar 2.2**, menunjukkan kurva IPR dengan aliran dua fasa. Dasar pengembangan perhitungan Vogel adalah Weller. Jadi IPR dua fasa berasumsi ketika tekanan *reservoir* berada dibawah tekanan *bubble point* ( $P_b$ ), *reservoir* pendorong gas terlarut dan harga *skin* disekitar *wellbore* dianggap dengan nol Kurva IPR dua fasa yang akan terbentuk tidak berupa garis lurus, melainkan kurva akan melengkung sesuai dengan perubahan tekanan alir sumur.

Pada **gambar 2.3**, terdapat kurva IPR pada sumur yang memproduksi minyak dan air dengan kadar air (*water cut*) lebih dari 50%, maka harus menggunakan perhitungan IPR secara *composite*. Kurva IPR *composite* berasal dari kombinasi persamaan Vogel (1987) untuk aliran minyak dengan persamaan indeks produktivitas aliran air.



Gambar 2. 3 Kurva IPR Composite

Pada **gambar 2.3** menunjukkan bahwa kurva IPR *composite* terbagi menjadi dua bagian, yaitu laju alir dari air dan laju alir dari minyak. Pada titik tengah dari laju alir air dan minyak maka didapatkan garis untuk kurva IPR *composite*.

IPR Pudjo Soekarno merupakan IPR *composite* karena berdasarkan kombinasi persamaan Vogel nya, asumsi yang digunakan metode ini adalah:

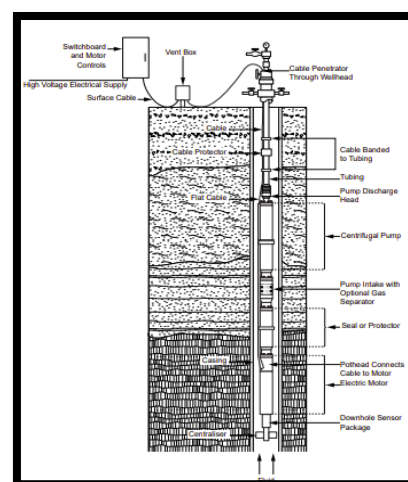
- Faktor *skin* sama dengan nol
- Minyak, air dan gas berada pada satu lapisan dan mengalir bersama-sama

- secara radial dari reservoir menuju lubang sumur.
- Kadar air dalam laju produksi total (*water cut*) diketahui.

## 2.2. Electrical Submersible Pump

*Electrical Submersible Pump* (ESP) adalah pompa sentrifugal bertingkat (*multistage*) yang digerakan dengan sistem motor listrik yang dibenamkan kedalam sumur (Beggs, Dale “*Production Optimization Using Nodal Analysis*”, No: 174, 2003).

ESP terdiri dari dua komponen utama, yaitu peralatan diatas permukaan dan peralatan dibawah permukaan. Peralatan diatas permukaan secara garis besar berfungsi untuk mengatur parameter-parameter yang dibutuhkan pada peralatan dibawah permukaan dan digunakan sebagai penghubung untuk peralatan dibawah permukaan. Beberapa peralatan diatas permukaan, yaitu *Wellhead*, *Junction Box*, *Switchboard*, *Transformer*, dan *Variable Speed Drive* (VSD) dan beberapa peralatan dibawah permukaan, yaitu PSI unit, *Electric Motor*, *Protector*, *Intake Pump Unit*, pompa sentrifugal, *Electric Cable*, dan beberapa peralatan penunjang yang dibutuhkan.



Gambar 2. 4 Instalasi *Electric Submersible Pump*

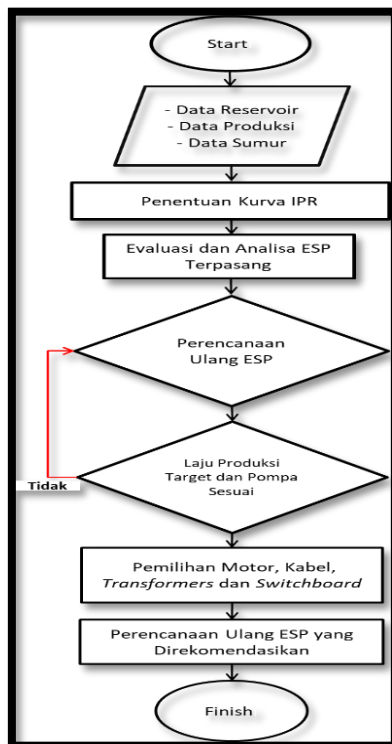
ESP bekerja dengan mengalirkan energi listrik dari transformer melalui *switchboard* untuk mengontrol dan memantau kinerja ESP dan kabelnya.

Energi listrik kemudian diteruskan dari *switchboard* ke motor melalui kabel yang berada di sepanjang tubing ESP. Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa tenaga putar, yang diteruskan ke protector dan pompa melalui shaft yang terhubung dengan coupling.

Putaran shaft memutar impeller dan mendorong fluida dari pump intake atau gas separator ke permukaan. Aliran sentrifugal fluida menghasilkan kecepatan tinggi dan kembali diarahkan ke *impeller* berikutnya melalui *diffuser*. Proses ini mengubah sebagian energi kinetik menjadi tekanan, dan dengan dilemparkannya cairan ke luar, terjadi penghisapan. (Ahmad, Agni. 2021).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Pengumpulan Data

Dalam tahapan evaluasi dan analisis *Electrical Submersible Pump* (ESP), beberapa data penting diperlukan. Data reservoir mencakup tekanan reservoir, tekanan aliran dasar sumur, tekanan dalam pipa, laju produksi fluida, water cut, dan

GOR. Data fluida mencakup API gravity, SG air, dan SG minyak. Data sumur meliputi kedalaman sumur (TVD), kedalaman pompa ESP (TVD), perforasi, *static fluid level* (SFL), *working fluid level* (WFL), ID tubing, ID casing, OD tubing, dan OD casing. Selain itu, data ESP terpasang juga diperlukan, termasuk *Pump Setting Depth* (PSD) dan *Total Dynamic Head* (TDH) ESP terpasang.

#### 3.3 Inflow Performance Relationship ESP Terpasang

Kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) didasarkan pada persamaan Pudjo Sukarno dan digunakan untuk mengevaluasi kemampuan produksi sumur X. Kurva IPR menggambarkan hubungan antara laju produksi ( $q$ ) dan tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ). Tujuan pembuatan kurva IPR adalah untuk memperoleh pemahaman tentang kinerja produksi sumur dan mendapatkan laju produksi target yang diinginkan berdasarkan hubungan tersebut.

#### 3.4 Evaluasi ESP Terpasang Kurva Inflow Performance

Pudjo Sukarno digunakan untuk mengevaluasi produksi sumur X. Kurva IPR menunjukkan hubungan antara laju produksi ( $q$ ) dan tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ). Tujuannya adalah memahami kinerja produksi sumur dan mencapai laju produksi target yang diinginkan berdasarkan hubungan tersebut.

#### 3.5 Re-Design atau Perencanaan Ulang ESP

Dalam perencanaan ulang ESP, studi literatur "*The Technology Of Artificial Lift Methods* - Kermit Brown - Vol 2b, Chapter 1 - *Electric Submersible Pump*" digunakan sebagai referensi. Proses perencanaan ulang melibatkan penggunaan kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) untuk mengevaluasi kemampuan produksi sumur. Tujuannya adalah mengoptimalkan ESP terpasang dengan mengatur kembali tipe pompa, jumlah

stage, dan pump setting depth agar sesuai dengan produktivitas formasi, sehingga mencapai laju produksi yang diinginkan dan optimal.

### 3.6 Optimasi Laju Produksi ESP

Optimasi laju produksi ESP merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengoptimalkan produksi sumur. Sebelum melakukan optimasi, terlebih dahulu harus mempertimbangkan beberapa parameter diantaranya:

- *Pump Intake Pressure* (PIP) tinggi, artinya dengan mengetahui PIP tinggi berarti level dari permukaan cairan juga masih tinggi.
- Kapasitas ESP masih mampu untuk meningkatkan laju produksi sumur.
- Setting frequency.

Parameter yang digunakan untuk melakukan optimasi laju produksi adalah sebagai berikut:

- Pump Setting Depth* (PSD) berubah dengan tipe dan stage pompa tetap.
- Pump Setting Depth* (PSD) tetap dengan tipe dan stage pompa berubah.
- Pump Setting Depth* (PSD), tipe dan stage pompa berubah.

Berdasarkan ketiga parameter diatas dipilih yang paling optimum dalam meningkatkan laju produksi dengan *life time* yang lama dan efisiensi pompa yang baik.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Ketersediaan Data

Berikut merupakan beberapa parameter persiapan data yang dibutuhkan untuk melakukan optimasi ESP yang meliputi data fluida, data reservoir, dan data sumur untuk sumur "X" dengan pompa terpasang adalah POWERLIFT QM 200 ARC/40 Stages/418 HP/2340 HP/103 A:

**Tabel 4. 1 Data Reservoir Sumur "X"**

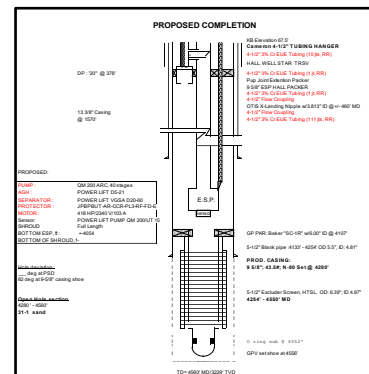
Data Reservoir		
Tekanan Reservoir	2103	Psia
Tekanan Alir Dasar Sumur	873	Psia
Tekanan Dalam Pipa (Pc)	30	Psia
Temperatur	186	F
Laju Produksi Fluida	12960	BFPD
Water Cut	99	%

**Tabel 4. 2 Data Fluida Sumur "X"**

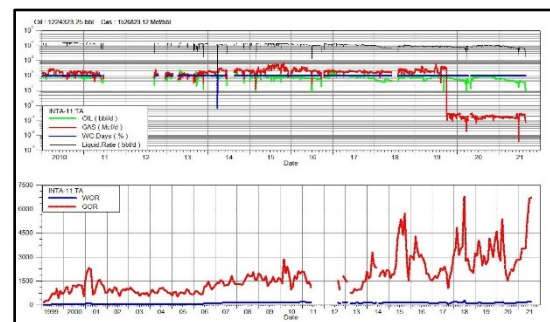
Data Fluida		
API Gravity	32	°API
SG Air	1.085	
SG Minyak	0.865	

**Tabel 4. 3 Data Sumur "X"**

Data Sumur			
Kedalaman Sumur	4560	MD	ft
Kedalaman Pompa ESP ( <i>Actual PSD</i> )	4022	MD	ft
Perforasi Atas	4115	MD	ft
Perforasi Bawah	4161	MD	ft
Perforasi Tengah	4138	MD	ft
Static Fluid Level (SFL)	900	TVD	ft
Working Fluid Level (WFL)	3281	TVD	ft
ID Tubing	4	inch	
OD Tubing	4.5	inch	
ID Casing	8.755	inch	
OD Casing	9.625	inch	



**Gambar 4. 1 Proposed Well Completion**



**Gambar 4. 2 Production Performance**

### 4.2 Kapasitas Produksi

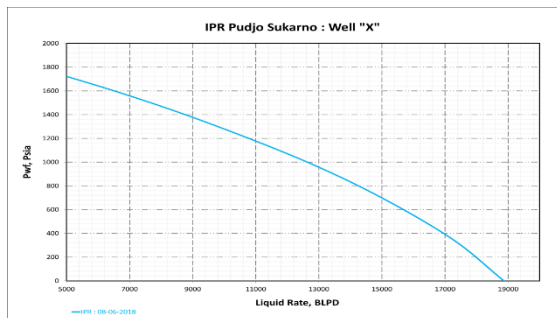
Untuk mengetahui kapasitas produksi disumur kajian ini penulis menggunakan Kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) 3 fasa yang dibuat dengan menggunakan metode Pudjo Sukarno untuk menentukan kemampuan laju produksi optimum sumur minyak. Berdasarkan hasil dari kurva *inflow performance relationship* didapatkan laju



produksi maksimum sumur kajian yaitu 19364 BFPD pada tekanan alir dasar sumur adalah nol. Hasil perhitungan IPR Metode Pudjo Sukarno bisa dilihat pada **Gambar 4.2.**

**Tabel 4. 4** Harga Q untuk berbagai harga Pwf

Qt Max, BFPD	Pwf, psia	qo, BFPD
19364	0	18872
	380	17074
	820	14106
	1200	10777
	1600	6507
	2103	0



**Gambar 4. 3** Kurva IPR Sumur "X"

### 4.3 Evaluasi dan Analisa Permasalahan ESP Terpasang

Sumur "X" Lapangan "Y" merupakan sumur directional yang telah menggunakan pompa benam (*Electric Submersible Pump/ESP*) sejak tahun 2001 hingga saat ini. Saat ini, sumur tersebut memiliki sisa cadangan minyak sebanyak 19.153 Mbbl. Berdasarkan data base, pompa ESP yang dipasang di sumur "X" adalah tipe POWERLIFT QM 200 ARC/40 stages/418 HP/2340 V/103 A/60 Hertz. Laju produksi awalnya adalah 13.708 BFPD dengan kedalaman pompa terpasang (*Pump Setting Depth/PSD*) sebesar 4022 ft dan Total Dynamic Head (TDH) sebesar 2974.218 ft.

Namun, seiring berjalannya waktu, laju produksi pompa mengalami penurunan menjadi 12.960 BFPD. Meskipun demikian, berdasarkan kurva kinerja pompa POWERLIFT QM 200 ARC/40 stages/418 HP/2340 V/103 A/60 Hertz untuk casing 8 5/8, kapasitas pompa yang terpasang masih memenuhi persyaratan, dengan rentang laju produksi

12250-18000 BFPD menurut katalog Powerlift.

Beberapa permasalahan lainnya juga turut mempengaruhi penurunan kapasitas produksi. Beberapa masalah tersebut sering kali muncul tanpa diduga dan perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap ESP. Berdasarkan laporan pengoperasian ESP pada sumur "X", masalahnya dikategorikan sebagai pengerjaan perbaikan pompa. Setelah rangkaian pompa dibongkar, dilakukan DIFA (*Dismantle Failure Analysis*) di bengkel milik Powerlift untuk mengetahui penyebab masalah ESP yang menghambat produksi.

Hasil dari DIFA tersebut menunjukkan bahwa ESP pada sumur "X" di Lapangan "Y" mengalami masalah pada kelistrikan, mekanik, dan reservoir fluids. Detail dari analisis kerusakan ESP pada sumur "X" tersebut dapat ditemukan dalam laporan DIFA.

**Tabel 4. 5** Data base sumur "X"

Data base sumur "X"	
Pump Type	QM 200 ARC/40 stg/418 HP/2340 V/103 A
Pump Date	14-Oct-2016/3-Jun-2018/3-Jun-2018
DHP	Electrical Down Hole Problem (EDHP)
Failure Cause	Cable, Tubing, Underload, RC Burn Out, Cable Burn Out Below Pump Head and Reservoir Fluids

Setelah melakukan DIFA (*Dismantle Failure Analysis*) selanjutnya menganalisa dan mengasumsikan yaitu:

#### 1. Cable

Permasalahan pada sumur "X" terjadi pada kabel *Electrical Downhole Pump* (EDHP). Round cable yang digunakan mengalami kebakaran (burn out) akibat tegangan copper conductor. Penulis berasumsi bahwa round cable tersebut merupakan kabel bekas ESP dari sumur lain yang dipotong dan disambung dengan kabel yang masih baik. Penggunaan kabel bekas (re-run) adalah

praktik umum untuk menghemat biaya, tetapi dapat menyebabkan masalah seperti yang terjadi dalam kasus ini.

#### 2. Cable burn out below pump head

ESP pada sumur "X" mengalami masalah kabel terbakar, khususnya pada flat cable. Kerusakan flat cable sering terjadi karena bentuknya yang pipih dan mudah rusak dalam penggunaannya.

#### 3. Reservoir fluids

ESP pada sumur "X" mengalami masalah dengan reservoir fluids. Minyak yang tergolong berat (32°API) menyebabkan terbentuknya wax/paraffin di sepanjang tubing, yang mengakibatkan penyempitan diameter tubing dan hambatan aliran, serta penurunan Production Index (PI).

#### 4. Underload

ESP pada sumur "X" mengalami underload yang ditandai oleh kurva ampere mencapai 80 A pada tanggal 03-Jun-2018. Jika ampere melebihi angka tersebut, sumur akan mati secara otomatis.

Dalam menghadapi permasalahan tersebut, perlu dilakukan perbaikan guna mengembalikan kapasitas produksi yang diharapkan. Berikut beberapa solusi yang disarankan oleh penulis:

##### 1. Rc burn out

Terbakarnya RC menjadi kendala umum. Menurut penulis untuk mengantisipasi hal ini dengan cara menggantinya dengan yang baru. Lalu diatur kembali voltage drop nya agar tidak terjadi hubungan arus pendek kembali.

##### 2. Cable burn out below pump head

Cable burn out below pump head terjadi karena flat cable yang rusak. Menurut penulis dengan beberapa referensi terkait, jika terjadi kerusakan pada flat cable diharuskan menggantinya dengan yang baru.

##### 3. Reservoir fluids

Solusi untuk mengatasi permasalahan produksi adalah dengan melakukan pre-flush job menggunakan asam untuk melarutkan kristal paraffin yang terbentuk di dalam tubing. Selain itu, solusi lainnya adalah mengganti tubing yang baru mengingat penggunaan ESP pada sumur "X" sudah cukup lama.

##### 4. Underload

Untuk mengatasi underload, maka pada sumur "X" ini dilakukan penurunan Pump Setting Depth (PSD).

#### 4.4 Optimasi Laju Produksi ESP

Dalam melakukan optimasi laju produksi terdapat 3 parameter yang digunakan yaitu:

1. Pump Setting Depth (PSD) tetap dengan tipe dan stage pompa berubah.
2. Pump Setting Depth (PSD) berubah dengan tipe dan stage pompa tetap.
3. Pump Setting Depth (PSD, tipe dan stage pompa berubah).

##### 4.4.1. Pump Setting Depth (PSD) Berubah dengan Tipe dan Stage Pompa Tetap

1. Menentukan PSD minimum dan PSD maksimum.

$$\begin{aligned} \text{PSDmin} &= WFL + \frac{Pc}{Gf} \\ &= 3281 + \frac{30}{0.421} \\ &= 3352 \text{ ft.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PSDmaks} &= D_{\text{midperforasi}} - \frac{Pc}{Gf} \\ &= 4138 - \frac{30}{0.421} \\ &= 4066.981 \text{ ft.} \end{aligned}$$

2. Menentukan PSD asumsi (PSDmin < PSDasumsi < PSDmaks)

Total Dynamic Head (TDH) ditentukan berdasarkan PSD asumsi dengan PSD min 3512.259 ft dan PSD

maks 4066.981 ft. Maka dari itu untuk melakukan PSD pada sumur “X” menggunakan asumsi berkisar dari 3512.259 ft sampai 4066.981 ft yaitu 4050 ft.

3. Menghitung *Pump Intake Pressure* (PIP) dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

a. Menentukan Pwf berdasarkan Q asumsi.

Berdasarkan metode IPR Pudjo Sukarno didapatkan nilai Pwf adalah 820 psi dan pada Q asumsi sebesar 14106 BFPD.

b. Menghitung perbedaan kedalaman.

$$\begin{aligned} \text{Delta kedalaman} &= \text{Mid Perforation-} \\ &\text{PSD (Asumsi)} \\ &= 4138 - 4050 \\ &= 88.240 \text{ ft} \end{aligned}$$

c. Menghitung perbedaan tekanan.

$$\begin{aligned} \text{Delta P} &= \text{Delta kedalaman} \times Gf \\ &= 88.240 \times 0.422 \\ &= 37.240 \text{ psi} \end{aligned}$$

d. Menghitung *Pump Intake Pressure* (PIP).

$$\begin{aligned} \text{Pump Intake Pressure} &= \text{Pwf} - \text{Delta P} \\ &= 820 - 37.240 \\ &= 782.760 \text{ psi.} \end{aligned}$$

4. Menghitung *Total Dynamic Head* (TDH).

a. Menentukan *Fluid Over Pump* (FOP)

$$\begin{aligned} \text{FOP} &= \frac{\text{PIP}}{Gf} \\ &= \frac{782.760}{0.422} \\ &= 1854.740 \text{ ft} \end{aligned}$$

b. Menentukan *Vertical Lift* (HD)

$$\begin{aligned} \text{HD} &= \text{PSD (Asumsi)} - \text{FOP} \\ &= 4050 - 1854.740 \\ &= 2195.260 \text{ ft} \end{aligned}$$

c. Menentukan *Tubing Friction Loss* (HF)

$$\begin{aligned} \text{Friction loss (F)} &= \frac{2.083 \times \left(\frac{100}{C}\right)^{1.85} \times \left(\frac{Qt}{34.3}\right)^{1.85}}{ID^{4.8655}} \\ &= \frac{2.083 \times \left(\frac{100}{120}\right)^{1.85} \times \left(\frac{14106}{34.3}\right)^{1.85}}{(4)^{4.8655}} \\ &= 119.945 \text{ psi/1000 ft.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tubing Friction Loss (HF)} &= \text{F} \times \text{PSD} \\ &\text{(Asumsi)} \\ &= \frac{119.945 \times 4050}{1000} \\ &= 485.778 \text{ ft} \end{aligned}$$

d. Menentukan *Tubing Head* (HT)

$$\begin{aligned} \text{HT} &= \frac{\text{Tubing pressure}}{Gf} \\ &= \frac{300.13}{0.421} \\ &= 711.154 \text{ ft.} \end{aligned}$$

e. Menentukan *Total Dynamic Head* (TDH)

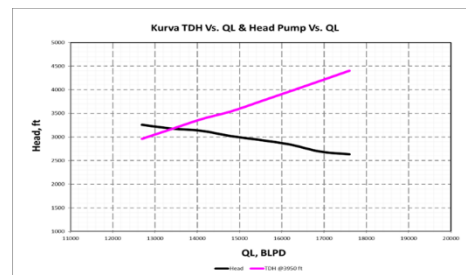
$$\begin{aligned} \text{TDH} &= \text{HD} + \text{HF} + \text{HT} \\ &= 2195.260 + 485.779 + 711.154 \\ &= 3392.192 \text{ ft.} \end{aligned}$$

f. Menentukan *Head per Stage*

Berdasarkan pembacaan *pump performance curve* pompa POWERLIFT QM 200 ARC dengan laju produksi 14106 BFPD maka diperoleh *head* sebesar 77 ft/stage.

Tabel 4. 6 Hasil Laju Produksi Pada Setiap PSD

PSD, ft	Q Optimum, BFPD
3950	13200
4000	13200
4050	13200
4100	13200



Gambar 4. 4 Kurva Laju Produksi TDH vs Head Pump



Untuk mengoptimalkan laju produksi, dilakukan perubahan kedalaman Pump Setting Depth (PSD) dari 3950 ft menjadi 4100 ft. Namun, evaluasi menunjukkan bahwa menggunakan tipe dan stage pompa POWERLIFT QM 200 ARC 40 stage yang terpasang di sumur "X", tidak menghasilkan peningkatan laju produksi yang diharapkan. Laju produksi yang dihasilkan tetap sebesar 13200 BFPD, di bawah target yang diharapkan sebesar 14106 BFPD.

#### 4.4.2. Pump Setting Depth (PSD) dengan Tipe dan Stage Pompa Berubah

Perencanaan pompa ESP untuk *Pump Setting Depth* (PSD) berubah dengan jumlah *stage* dan tipe pompa berubah, langkah perhitungannya sama seperti sebelumnya. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Mengasumsikan  $PSD_{obs}$  yang berada dalam range  $PSD_{min}$  dan  $PSD_{maks}$ .
2. Memilih tipe pompa yang sesuai dengan produktivitas formasinya dengan langkah perhitungan yang sama seperti pada bab sebelumnya.
3. Menentukan *Total Dynamic Head* (TDH) dan *Head Pompa* pada  $PSD_{obs}$  dengan mengasumsikan beberapa harga laju produksi dan jumlah *stage*.
4. Mengulangi langkah 1 sampai 3 untuk PSD asumsi lainnya.
5. Memilih pompa PSD pada asumsi yang menghasilkan laju produksi yang berada dalam batas (*range*) pompa yang direkomendasikan dan sesuai dengan produktivitas formasi.

#### 4.4.3. Pemilihan Pompa

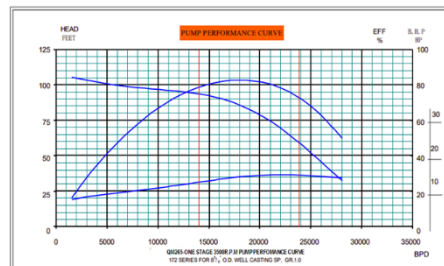
Optimasi yang dilakukan dengan parameter ini digunakan 3 tipe pompa yaitu:

- a. Pompa POWERLIFT QM 265 ARC
- b. Pompa REDA J16000N
- c. Pompa REDA J12000N

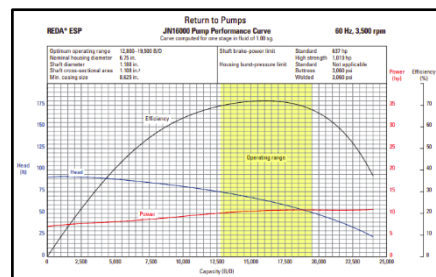
Tabel 4. 7 Perbandingan Tipe Pompa

Tipe Pompa	Stage	HP	Eff, %
POWERLIFT QM 265 ARC	36	505	75
REDA JN16000	47	483	72
REDA J12000N	44	455	79

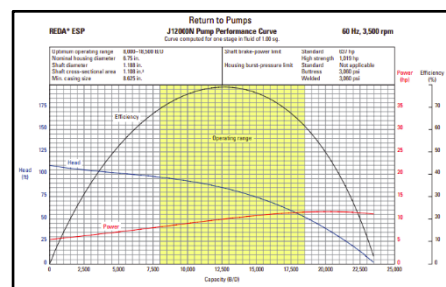
Berdasarkan data pada tabel 4.7, pompa POWERLIFT QM 265 ARC dengan motor 505 HP memiliki efisiensi 75% untuk memproduksi fluida sebesar 14106 BFPD. Pompa REDA JN16000 memiliki efisiensi 72%, sedangkan pompa REDA J12000N memiliki efisiensi 78%. Berdasarkan analisis, pompa REDA J12000N dengan efisiensi 79% menjadi pilihan terbaik untuk digunakan pada sumur "X".



Gambar 4. 5 Pump Performance Curve QM 265 ARC (Sumber: Powerlift Catalogue)



Gambar 4. 6 Pump Performance Curve JN16000 (Sumber: Reda Catalogue)



Gambar 4. 7 Pump Performance Curve J12000N (Sumber: Reda Catalogue)

Berdasarkan **tabel 4.7**, dapat kita lihat bahwa tipe pompa J12000N memenuhi kriteria tersebut dibanding tipe pompa yang lainnya termasuk terhadap tipe pompa QM 200 ARC yang terpasang sekarang. Jumlah *stage* dari J12000N ialah 44 *stage* dengan efisiensi 79%. Melihat dari efisiensi pompa sebesar 79%, maka penulis memilih tipe pompa J12000N sebagai pompa ESP yang baru untuk menggantikan tipe pompa yang lama.

#### 4.4.4. Pemilihan Motor

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan HP motor} &= \text{Hp/stage} \times \\ &\quad \text{jumlah stage} \times \text{SG} \\ &\quad \text{fluida} \\ &= 10.35 \times 44 \times 0.974 \\ &= 443.865 \text{ HP} \end{aligned}$$

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan motor adalah kebutuhan *horse power* pompa untuk mengangkat fluida dengan rate produksi yang diharapkan dengan ukuran ID casing 8.625. Berdasarkan pada tabel pemilihan motor maka dipilih motor dengan spesifikasi **675 Series/150 Motor/637 HP/3097 V/110 A**.

#### 4.4.5. Pemilihan Transformer

##### a. Menghitung *correction voltage* ( $V_c$ )

Pada sumur X ini memiliki *temperature correction* sebesar 1.24

$$\begin{aligned} \text{Voltage drop} &= 25.30 \text{ volt}/1000 \\ V_c &= (\text{PSD}+100) \times (\text{voltage drop}/1000) \times \\ &\quad \text{temperature correction} \\ &= (4050 + 100) \times (25.30/1000) \times 1.24 \\ &= 130.19 \text{ volt} \end{aligned}$$

##### b. Menghitung *surface voltage* ( $V_s$ )

$$\begin{aligned} \text{Motor voltage} &= 3097 \text{ volt} \\ V_s &= V_m + V_c \\ &= 3097 + 130.19 \\ &= 3227.19 \text{ volt} \end{aligned}$$

##### c. Menghitung besarnya tegangan transformer (T)

$$\begin{aligned} \text{Ampere motor} &= 110 \text{ A} \\ T &= \frac{V_s \times \text{ampere motor} \times 1.24}{1000} \\ &= \frac{3227.19 \times 110 \times 1.73}{1000} \\ &= 440.19 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Dalam pemilihan transformer, dipertimbangkan kehilangan tekanan yang minimal. Oleh karena itu, kabel #1Cu dipilih karena menghasilkan penurunan tegangan yang paling kecil, sehingga lebih ekonomis dan mengurangi kebutuhan daya listrik secara keseluruhan. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan kerugian akibat kehilangan tekanan.

## 4.5 Evaluasi Hasil Perencanaan Ulang ESP

Setelah dilakukan perencanaan ulang ESP dengan merubah PSD nya didapatkan bahwa sumur "X" mampu berkat pompa yang tepat. Berikut gambaran laju produksi yang didapatkan setelah dilakukan perencanaan ulang ESP.

**Tabel 4. 8 Hasil Perencanaan Ulang ESP Sumur "X"**

Pompa Existing		Pompa Pengganti	
<i>Pump setting depth</i>	4022 ft	<i>Pump setting depth</i>	4050 ft
Jenis pompa	QM 200 ARC	Jenis pompa	J12000N
Jumlah <i>stage</i>	40	Jumlah <i>stage</i>	44
Hp motor	418 Hp	Hp motor	450 Hp
Ampere motor	103 A	Ampere motor	110 A
Laju produksi	12960 Bfpd	Laju produksi	14106 Bfpd

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada evaluasi dan analisa ESP untuk meningkatkan laju produksi pada sumur maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada sumur X saat ini memiliki laju produksi 12960 BFPD sedangkan berdasarkan kurva IPR dengan metode Pudjo Sukarno didapatkan laju produksi yang dapat ditingkatkan hingga ke angka 14106 BFPD.

2. ESP yang terpasang pada sumur X sudah tidak efisien lagi untuk digunakan dikarenakan jumlah laju produksi yang dihasilkan oleh sumur kurang dari laju produksi yang diinginkan dan berada pada batas minimum kapasitas produksi pompa. Selain itu rangkaian ESP juga mengalami beberapa permasalahan yang menghambat kinerja pompa.
3. Beberapa permasalahan yang terjadi pada ESP terpasang di sumur X diantaranya adalah EDHP dan Underload. Untuk mengatasi underload kedudukan pompa harus diturunkan dan diharuskan mengganti pompa karena sudah tidak efisien lagi.
4. Dilakukan penggantian desain ulang pompa ESP dengan hasil perencanaan pompa ESP adalah :

<i>Type ESP</i>	J12000N/44 Stages/ 50 Hz dengan recommended capacity range 8000 – 18500 BFPD
<i>Motor</i>	675 Series/150 Motor/637 HP/3097 V/110 A.
<i>Setting Depth</i>	4050 ft (Penambahan kedalaman kurang lebih 28 ft)
<i>Production Rate</i>	14106 BFPD

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian tugas akhir ini yaitu kajian lebih lanjut mengenai life time pompa atau kehilangan tekanan terhadap waktu agar mendapatkan hasil perhitungan yang akurat mengenai penggunaan pompa. Selain itu perlu dilakukan kajian keekonomian terhadap pompa pengganti.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Allen, Thomas O. 1994. Production Operation. Texas: Oil & Gas Consultants Intl; 4 edition.
- [2]. Beggs, H. D., “Production Optimization Using Nodal Analysis”, Oil and Gas Consultant International Inc., Tulsa, Oklahoma, 1991.
- [3]. Brown, E., Kermit, “The Technology of Artificial Lift Method”, Volume 1 Division of PennWell Publishing Co., Tulsa, Oklahoma, 1984.

- [4]. Brown, E., Kermit, “The Technology of Artificial Lift Method”, Volume 2B Division of PennWell Publishing Co., Tulsa, Oklahoma, 1984.
- [5]. Brown, E., Kermit, “The Technology of Artificial Lift Method”, Volume 4 Division of PennWell Publishing Co., Tulsa, Oklahoma, 1984.
- [6]. Boyun Guo William C. Lyons, Ali Ghalambor. 2007, Petroleum Production Engineering Fundamentals. USA: Elsevier.

**LAMPIRAN**  
**HASIL PERBANDINGAN OPTIMASI LAJU PRODUKSI ESP**

**Perhitungan TDH dengan PSD = 3950 ft dan 40 stage**

Q Asumsi, BFPD	Pwf, Psia	Depth Difference	Pressure Difference	PIP	FOP	Vertical Lift (HD)	Friction (F)	Tubing Friction Lost (HF)	Tubing Head (HT)	TDH	Head per Stage	Head
		ft	psia	psia	ft	ft		ft	ft	ft		
12700	960	188,240	79,443	880,557	2086,468	1863,532	98,770	390,140	711,154	2964,826	81,50	3260
13400	890	188,240	79,443	810,557	1920,604	2029,396	109,076	430,852	711,154	3171,402	79,50	3180
14106	820	188,240	79,443	740,557	1754,740	2195,260	119,946	473,785	711,154	3380,199	78,30	3132
14800	770	188,240	79,443	690,557	1636,266	2313,734	131,090	517,807	711,154	3542,696	75,50	3020
15500	700	188,240	79,443	620,557	1470,401	2479,599	142,791	564,024	711,154	3754,777	73,40	2936
16200	630	188,240	79,443	550,557	1304,537	2645,463	154,949	612,050	711,154	3968,667	71,00	2840
16900	560	188,240	79,443	480,557	1138,673	2811,327	167,563	661,873	711,154	4184,354	67,30	2692
17600	490	188,240	79,443	410,557	972,809	2977,191	180,628	713,481	711,154	4401,826	65,80	2632

**Perhitungan TDH dengan PSD = 4000 ft dan 40 stage**

Q Asumsi, BFPD	Pwf, Psia	Depth Difference	Pressure Difference	PIP	FOP	Vertical Lift (HD)	Friction (F)	Tubing Friction Lost (HF)	Tubing Head (HT)	TDH	Head per Stage	Head
		ft	psia	psia	ft	ft		ft	ft	ft		
12700	960	138,240	58,342	901,658	2136,468	1863,532	98,770	395,079	711,154	2969,765	81,50	3260
13400	890	138,240	58,342	831,658	1970,604	2029,396	109,076	436,306	711,154	3176,856	79,50	3180
14106	820	138,240	58,342	761,658	1804,740	2195,260	119,946	479,782	711,154	3386,197	78,30	3132
14800	770	138,240	58,342	711,658	1686,266	2313,734	131,090	524,362	711,154	3549,251	75,50	3020
15500	700	138,240	58,342	641,658	1520,401	2479,599	142,791	571,164	711,154	3761,917	73,40	2936
16200	630	138,240	58,342	571,658	1354,537	2645,463	154,949	619,797	711,154	3976,414	71,00	2840
16900	560	138,240	58,342	501,658	1188,673	2811,327	167,563	670,251	711,154	4192,732	67,30	2692
17600	490	138,240	58,342	431,658	1022,809	2977,191	180,628	722,513	711,154	4410,858	65,80	2632

**Perhitungan TDH dengan PSD = 4050 ft dan 40 stage**

	Pwf, Psia	Depth Difference	Pressure Difference	PIP	FOP	Vertical Lift (HD)	Friction (F)	Tubing Friction Lost (HF)	Tubing Head (HT)	TDH	Head per Stage	Head
		ft	psia	psia	ft	ft		ft	ft	ft		
12700	960	88,240	37,240	922,760	2186,468	1863,532	98,770	400,017	711,154	2974,703	81,50	3260
13400	890	88,240	37,240	852,760	2020,604	2029,396	109,076	441,759	711,154	3182,310	79,50	3180
14106	820	88,240	37,240	782,760	1854,740	2195,260	119,946	485,779	711,154	3392,194	78,30	3132
14800	770	88,240	37,240	732,760	1736,266	2313,734	131,090	530,916	711,154	3555,805	75,50	3020
15500	700	88,240	37,240	662,760	1570,401	2479,599	142,791	578,303	711,154	3769,056	73,40	2936
16200	630	88,240	37,240	592,760	1404,537	2645,463	154,949	627,545	711,154	3984,162	71,00	2840
16900	560	88,240	37,240	522,760	1238,673	2811,327	167,563	678,629	711,154	4201,110	67,30	2692
17600	490	88,240	37,240	452,760	1072,809	2977,191	180,628	731,544	711,154	4419,889	65,80	2632

**Perhitungan TDH dengan PSD = 4100 ft dan 40 stage**

Q Asumsi, BFPD	Pwf, Psia	Depth Difference	Pressure Difference	PIP	FOP	Vertical Lift (HD)	Friction (F)	Tubing Friction Lost (HF)	Tubing Head (HT)	TDH	Head per Stage	Head
		ft	psia	psia	ft	ft		ft	ft	ft		
12700	960	38,240	16,139	943,861	2236,468	1863,532	98,770	404,956	711,154	2979,642	81,50	3260
13400	890	38,240	16,139	873,861	2070,604	2029,396	109,076	447,213	711,154	3187,764	79,50	3180
14106	820	38,240	16,139	803,861	1904,740	2195,260	119,946	491,777	711,154	3398,191	78,30	3132
14800	770	38,240	16,139	753,861	1786,266	2313,734	131,090	537,471	711,154	3562,360	75,50	3020
15500	700	38,240	16,139	683,861	1620,401	2479,599	142,791	585,443	711,154	3776,196	73,40	2936
16200	630	38,240	16,139	613,861	1454,537	2645,463	154,949	635,292	711,154	3991,909	71,00	2840
16900	560	38,240	16,139	543,861	1288,673	2811,327	167,563	687,007	711,154	4209,488	67,30	2692
17600	490	38,240	16,139	473,861	1122,809	2977,191	180,628	740,575	711,154	4428,921	65,80	2632

### Hasil Perhitungan PSD Berubah dengan Pompa dan Stage Tetap

Q Asumsi	PSD = 3950 ft		PSD = 4000 ft		PSD = 4050 ft		PSD = 4100 ft	
	BFPD	TDH, ft	Head	TDH, ft	Head	TDH, ft	Head, ft	TDH, ft
12700	2964,826	3260	2969,765	3260	2974,703	3260	2979,642	3260
13400	3171,402	3180	3176,856	3180	3182,310	3180	3187,764	3180
14106	3380,199	3132	3386,197	3132	3392,194	3132	3398,191	3132
14800	3542,696	3020	3549,251	3020	3555,805	3020	3562,360	3020
15500	3754,777	2936	3761,917	2936	3769,056	2936	3776,196	2936
16200	3968,667	2840	3976,414	2840	3984,162	2840	3991,909	2840
16900	4184,354	2692	4192,732	2692	4201,110	2692	4209,488	2692
17600	4401,826	2632	4410,858	2632	4419,889	2632	4428,921	2632

### Hasil Perhitungan PSD, Tipe dan Stage Berubah

Q Asumsi	Pwf	TDH	Head/Stage	Head J12000N				
				38	41	44	47	50
12700	960	2974,703	81,50	3097,000	3341,500	3586,000	3830,500	4075,000
13400	890	3182,310	79,50	3021,000	3259,500	3498,000	3736,500	3975,000
14106	820	3392,194	78,30	2975,400	3210,300	3445,200	3680,100	3915,000
14800	770	3555,805	75,50	2869,000	3095,500	3322,000	3548,500	3775,000
15500	700	3769,056	73,40	2789,200	3009,400	3229,600	3449,800	3670,000
16200	630	3984,162	71,00	2698,000	2911,000	3124,000	3337,000	3550,000
16900	560	4201,110	67,30	2557,400	2759,300	2961,200	3163,100	3365,000
17600	490	4419,889	65,80	2500,400	2697,800	2895,200	3092,600	3290,000

Kurva Plot TDH vs Head

