

# Perencanaan Ulang Electric Submersible Pump pada Sumur L5A-MRS

Tio Fariz Siswanto

PEM Akamigas

## Abstrak

*Pada sumur L5A-MRS terpasang ESP ING 3200 dengan 130 stages. Dari hasil evaluasi, ESP ING 3200 tidak bekerja dengan baik. Efisiensi pompa sebesar 55%, pompa dalam kondisi kelebihan beban muatan, stages yang terpasang (130 stages) kurang dari stages minimal yang dibutuhkan (174 stages) untuk mengalirkan fluida sampai ke permukaan, Diperlukan perencanaan ulang agar pompa dapat beroperasi dengan optimal. Pompa desain adalah ESP ING 4000, 145 stages tersedia, Q desain 4450 bpd, 60 Hz, efisiensi pompa 66%, pada PSD 4000 ft.*

**Kata kunci:** *Desain ESP, Evaluasi ESP*

## Abstract

*At L5A-MRS well installed ESP ING 3200 with 130 stages. From the evaluation results, the ESP ING 3200 does not work well. The pump efficiency is 55%, the pump is in overloaded condition, available stages (130 stages) are less than the required minimum stages (174 stages) to lift the fluid up to the surface. It is necessary to do electric submersible pump re-design. Pump design is ESP ING 4000, 145 stages available, Q design 4450 bpd, 60 Hz, pump efficiency 66%, on PSD 4000 ft.*

**Keywords:** *ESP design, ESP evaluation*

## Pendahuluan

Produksi minyak dari suatu sumur dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan Metode Sembur Alam (Natural Flow Method) dan Metode Pengangkatan Buatan (Artificial Lift Method). Pada sumur sembur alam, tekanan reservoir mampu mengangkat fluida produksi dari dasar sumur sampai ke permukaan dan mengalirkannya sampai ke fasilitas proses. Metode pengangkatan buatan digunakan apabila tekanan reservoir sudah tidak mampu lagi memproduksi minyak dengan sembur alam. Salah satu metode pengangkatan buatan adalah Electric Submersible Pump (ESP).

Pompa ESP merupakan pompa sentrifugal bertingkat, dengan tiap tingkat terdiri dari impeller dan diffuser. Fluida yang masuk melalui pump intake akan bergerak menuju tingkat pertama pompa. Putaran impeller tersebut akan memberikan gaya dorong pada fluida, sehingga fluida tersebut akan memiliki energi lebih besar dari pada sebelumnya. Diffuser akan mengarahkan fluida untuk bergerak menuju impeller pada tingkat berikutnya dan proses tersebut akan terus berjalan sampai tingkat terakhir.

Dalam penulisan journal ini, penulis melakukan evaluasi permasalahan pompa yang

terpasang pada sumur L5A-MRS. Dilakukan desain ulang terhadap pompa yang terpasang dengan harapan pompa desain dapat bekerja optimal dengan efisiensi terbaik dan mendapatkan keuntungan untuk perusahaan.

## Metode Penelitian

### A. Subjek Penelitian

Subjek dalam penulisan jurnal ini adalah evaluasi pompa ESP dan desain ulang pompa ESP yang terpasang.

### B. Objek Penelitian

Objek dalam penulisan jurnal ini adalah model kondisi keadaan pompa ESP yang terpasang dan keadaan pompa yang akan dipasang (pompa desain).

### C. Tahapan Penelitian

Berikut ini tahapan-tahapan yang akan digunakan penulis selama melakukan penelitian:

1. Studi pustaka
2. Informasi umum dan asumsi
3. Evaluasi pompa ESP terpasang
4. Menentukan Q desain dan Pwf desain
5. Perencanaan ulang ESP
6. Analisis hasil perhitungan
7. Evaluasi data hasil analisis
8. Simpulan dan Saran

### D. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan untuk melakukan penelitian meliputi:

1. Data produksi sumur
2. Data reservoir sumur
3. Data ketersediaan pompa

### E. Pengolahan Data

Data akan dianalisis dan diolah dalam bentuk tabel maupun grafik dengan menggunakan

*microsoft excel*. Hal ini bertujuan agar parameter evaluasi dan hasil analisis dapat diketahui dengan jelas.

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam bab ini disajikan tahapan evaluasi ESP yang terpasang (ING 3200) dan perencanaan ulang terhadap ESP yang terpasang dengan harapan desain pompa ESP hasil desain (ING 4000) dapat bekerja dengan optimal.

Evaluasi pada pompa ESP ING 3200 meliputi evaluasi frekuensi dan evaluasi *stages* yang terpasang.

Untuk mengevaluasi frekuensi-frekuensi diperlukan nilai *recommended flow range* pada frekuensi 50-60 Hz. Nilai *recommended flow range* didapatkan dari *Pump Performance Curve* dan disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Recommended Flow Range ING 3200 pada 50-60 Hz

Frekuensi (Hz)	Recommended Flow Range (BFPD)
50	1667 - 3600 BFPD
51	1700 - 3672 BFPD
52	1733 - 3744 BFPD
53	1767 - 3816 BFPD
54	1800 - 3888 BFPD
55	1833 - 3960 BFPD
56	1867 - 4032 BFPD
57	1900 - 4104 BFPD
58	1933 - 4176 BFPD
59	1967 - 4248 BFPD
60	2000 - 4320 BFPD

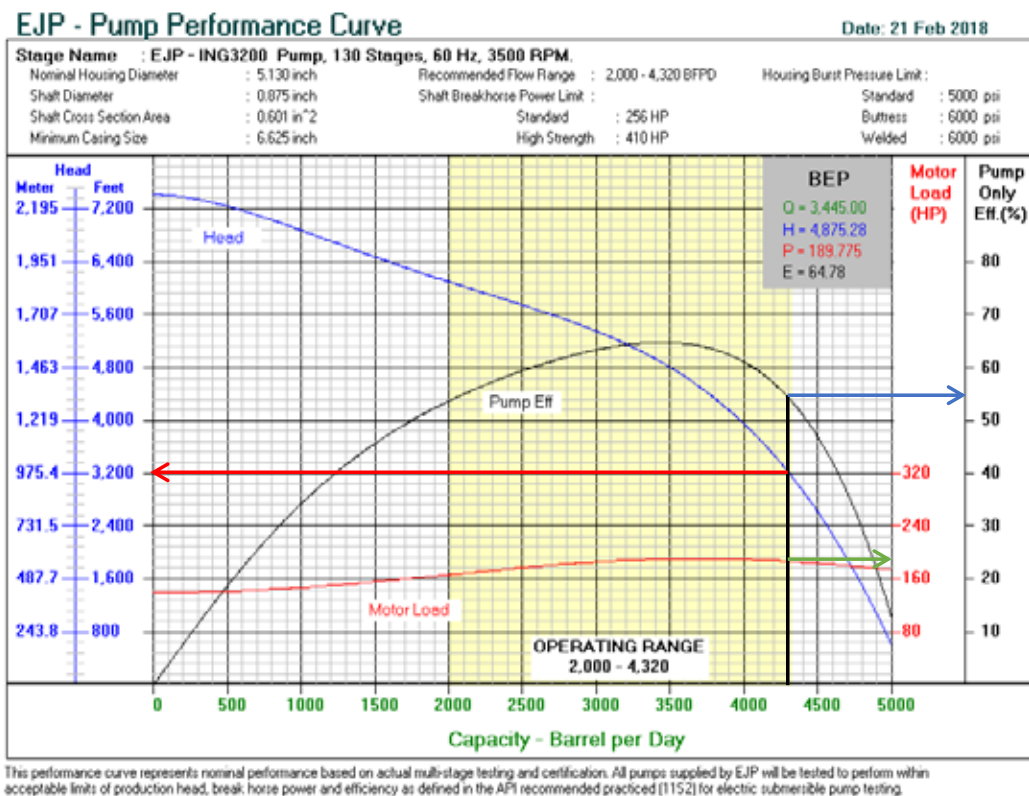
Berdasarkan data *well test, rate* yang diproduksi oleh pompa ING 3200 sebanyak 4310 BFPD. *Rate* sebanyak 4310 BFPD tidak direkomendasikan untuk diproduksi pada frekuensi 50-59 Hz dikarenakan *rate* 4310 BFPD diatas batas *recommended flow range* di frekuensi 50-59 Hz. Apabila tetap diproduk-

sikan pada frekuensi 50-59 Hz, maka pompa akan mengalami kondisi *upthrust* dan dapat menyebabkan pompa rusak.

Frekuensi yang memungkinkan untuk dipakai adalah frekuensi 60 Hz (2000 – 4320 BFPD), akan tetapi pada frekuensi 60 Hz dengan *rate* produksi 4310 BFPD mendekati batas atas *recommended flow range* sehingga efisiensi pompa menurun sampai di bawah 57% dan pompa tidak beroperasi pada efisiensi terbaik.

Untuk mengevaluasi *stages* yang terpasang,

diperlukan *Pump Performance Curve* ING 3200 dan data jumlah *stages* terpasang. Jumlah *stages* terpasang adalah 130 *stages*. Untuk *Pump Performance Curve* menggunakan frekuensi yang memiliki nilai *recommended flow range* mencakup *rate* produksi 4310 bpd (*Q* gross), yaitu pada frekuensi 60 Hz dengan nilai *recommended flow range* 2000 – 4320 bpd dan jumlah *stages* 130 *stages*. Plot nilai *rate* produksi 4310 bpd pada *pump performance curve*, maka akan didapatkan nilai *pump efficiency*, *motor load*, dan *head*.



Gambar 1. Pump Performance Curve ING 3200 60 Hz, 130 Stages

Berdasarkan hasil plot didapatkan nilai efisiensi pompa sebesar 55%, beban motor sebesar 192 HP, dan *head* sebesar 3200 ft atau 24.615 ft/stages.

Untuk mengetahui jumlah *stages* minimal yang dibutuhkan, perlu dilakukan perhitungan *Total Dynamic Head* (TDH) sebagai berikut:

Menghitung  $SG_L$  (*Specific Gravity*) campuran menggunakan persamaan:

$$SG_L = (\text{Fraksi air} \times SG \text{ air}) + (\text{Fraksi minyak} \times SG \text{ minyak})$$

$$SG_L = (98\% \times 1.02) + (2\% \times 0.985)$$

$$SG_L = 1.0193$$

Menghitung PIP (*Pump Intake Pressure*) menggunakan persamaan:

$$\text{PIP} = \text{Pwf} - \left[ \frac{(\text{DatumDepth} - \text{PumpDepth}) \times \text{SGI}}{2.31 \text{ ft/psi}} \right]$$

$$\text{PIP} = 722,9 - \left[ \frac{(5302.658 - 3711.942) \times 1,0193}{2.31 \text{ ft/psi}} \right]$$

$$\text{PIP} = 21 \text{ psi}$$

Menghitung *Net Dynamic Lift* menggunakan persamaan:

$$\text{Net Dynamic Lift} = \text{PSD} - \frac{\text{PIP} \times 2,31 \text{ ft/psi}}{\text{SGI}}$$

$$\text{Net Dynamic Lift} = 3711,942 - \frac{21 \times 2,31 \text{ ft/psi}}{1,0193}$$

$$\text{Net Dynamic Lift} = 3664.37 \text{ ft}$$

Menghitung nilai *friction loss* pada ID tubing 2.992 inch pada Q = 4310 bpd dengan persamaan:

$$F = 2.083 \times \left( \frac{100}{C} \right)^{1.85} \times \frac{\left( \frac{Q}{34.3} \right)^{1.85}}{(\text{ID})^{4.8655}}$$

$$F = 2.083 \times \left( \frac{100}{94} \right)^{1.85} \times \frac{\left( \frac{4310}{34.3} \right)^{1.85}}{(2.992)^{4.8655}}$$

$$F = 86.31 \text{ ft/1000}$$

Menghitung *total friction loss* sepanjang PSD:

$$\text{Total Friction Loss} = F \times \text{PSD}$$

$$\text{Total Friction Loss} = \frac{86.31}{1000} \times 3711.942$$

$$\text{Total Friction Loss} = 320.4 \text{ ft}$$

Konversi *wellhead pressure* dalam satuan ft dengan persamaan:

$$\text{WHP (ft)} = \frac{\text{WHP (psi)} \times 2.31 \text{ ft/psi}}{\text{SGI}}$$

$$\text{WHP (ft)} = \frac{130 \times 2.31 \text{ ft/psi}}{1.0193}$$

$$\text{WHP (ft)} = 294.6 \text{ ft}$$

Menghitung TDH (*Total Dynamic Head*) dengan persamaan:

$$\text{TDH} = \text{Net Dynamic Lift} + \text{Total Friction Loss} + \text{WHP (ft)}$$

$$\text{TDH} = 3664.377 + 320.4 + 294.6$$

$$\text{TDH} = 4279 \text{ ft}$$

Jumlah *stages* minimal yang dibutuhkan agar fluida dapat mengalir ke permukaan (*stages required*) dapat diketahui dengan persamaan:

$$\text{Stages Required} = \frac{\text{TDH}}{\text{head/stages}}$$

$$\text{Stages Required} = \frac{4279}{24.615}$$

$$\text{Stages Required} = 173.8 \text{ (174 stages)}$$

*Stages* yang terpasang (*available stages*) adalah 130 *stages*, sedangkan jumlah *stages* minimal yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida sampai ke permukaan (*stages required*) adalah 174 *stages*, maka secara teori fluida tidak bisa mengalir sampai ke permukaan karena jumlah *available stages* dibawah jumlah *stages* yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida sampai ke permukaan (*stages required*). Jika fluida dapat mengalir sampai ke permukaan, maka pompa dalam keadaan kelebihan beban muatan (*overload*) karena perbedaan *stages* yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida (174 *stages*) cukup besar dibandingkan dengan *stages* yang terpasang (130 *stages*).

Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap pompa yang terpasang agar sumur tetap dapat berproduksi dengan *rate* yang besar dan pompa yang digunakan untuk memproduksi *rate* tersebut bekerja secara optimal pada efisiensi yang baik (diatas 60%) dengan *stages* yang tersedia.

Perencanaan ulang ESP meliputi perhitungan *Inflow Performance Relationship* (IPR), menentukan Q desain dan Pwf desain, pemilihan pompa, dan perhitungan jumlah *stages* yang dibutuhkan.

IPR pada sumur L5A-MRS menggunakan Metode Vogel dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

Menghitung nilai  $Q_{\text{maksimum}}$ , menggunakan persamaan:

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

$$Q_{\max} = \frac{(4310)}{1-0.2 \left(\frac{722.9}{2074.5}\right) - 0.8 \left(\frac{722.9}{2074.5}\right)^2}$$

$$Q_{\max} = 5173.068 \text{ bpd}$$

Menghitung nilai Q pada berbagai Pwf asumsi:

Q pada Pwf = 0 psi (Q max)

$$Q = (5173.068) \times \left(1 - 0.2 \left(\frac{0}{2074.5}\right) - 0.8 \left(\frac{0}{2074.5}\right)^2\right) = 5173.068$$

Q pada Pwf = 200 psi

$$Q = (5173.068) \times \left(1 - 0.2 \left(\frac{200}{2074.5}\right) - 0.8 \left(\frac{200}{2074.5}\right)^2\right) = 5034.857$$

Q pada Pwf = 2000 psi

$$Q = (5173.068) \times \left(1 - 0.2 \left(\frac{2000}{2074.5}\right) - 0.8 \left(\frac{2000}{2074.5}\right)^2\right) = 329.06$$

Q pada Pwf = Pr = 2074.5 psi

Q =

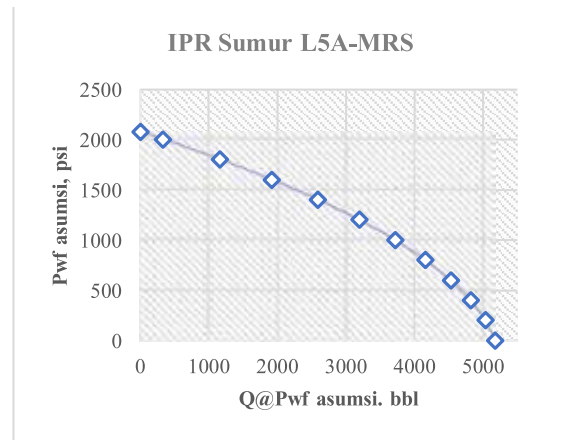
$$(5173.068) \times \left(1 - 0.2 \left(\frac{2074.5}{2074.5}\right) - 0.8 \left(\frac{2074.5}{2074.5}\right)^2\right) = 0$$

Tabulasi nilai Pwf asumsi dan Q pada Pwf asumsi:

Tabel 2. Pwf asumsi dan Q pada Pwf asumsi

Pwf asumsi (psi)	Q pada Pwf asumsi (bbl)
0	5173.068
200	5034.857
400	4819.714
600	4527.641
800	4158.637
1000	3712.702
1200	3189.835
1400	2590.038
1600	1913.31
1800	1159.651
2000	329.06
2074.5	0

Plot antara Pwf asumsi dan Q pada Pwf asumsi ( $Q_{@Pwf \text{ asumsi}}$ ) menghasilkan IPR untuk sumur L5A-MRS.

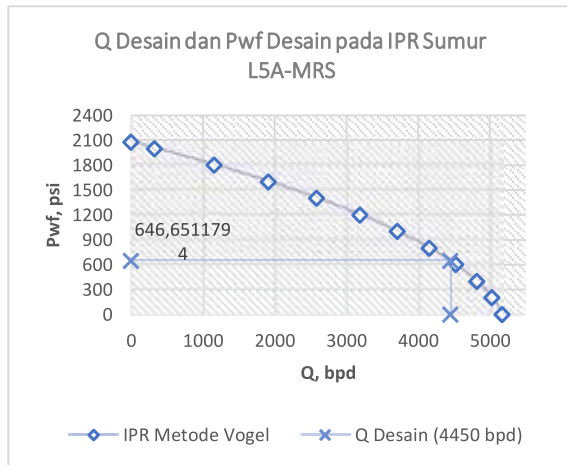


Gambar 2. IPR Sumur L5A-MRS

Untuk melakukan perencanaan ulang ESP, terlebih dahulu tentukan *rate* yang akan diproduksi (*Q* desain) dan tekanan pada *rate* yang akan diproduksi (*Pwf* desain).

Agar mendapatkan keuntungan bagi perusahaan, pompa memiliki efisiensi diatas 60%, *submergence* pompa  $\pm 100$  ft, dan penyesuaian *stages* yang tersedia, penulis merencanakan *Q* desain sebesar 4450 bpd pada PSD 4000 ft.

Plot *Q* desain pada grafik IPR (*Inflow Performance Relationship*), didapatkan tekanan pada *Q* desain (*Pwf* desain).



Gambar 3. *Q* Desain dan *Pwf* Desain pada IPR Sumur L5A-MRS

Dari hasil plot, didapatkan *Pwf* pada *Q* desain (4450 bpd) adalah sebesar 646.65 psi.

Penentuan pompa ESP berdasarkan *Q* desain dan ketersediaan pompa di *workshop*. Tentukan pompa ESP yang mempunyai nilai *recommended flow range* mencakup *Q* desain.

Pompa yang mempunyai nilai *recommended flow range* mencakup *Q* desain (4450 bpd) adalah pompa ING 4000 pada frekuensi 60 Hz dengan nilai *recommended flow range* sebesar 2600 – 5200 bpd.

Setelah menentukan pompa, kemudian menghitung berapa jumlah *stages* minimal yang diperlukan untuk mengalirkan fluida sampai ke permukaan dengan pompa yang dipilih (ING 4000, 60 Hz). Penentuan jumlah *stages* menyesuaikan *stages* yang tersedia. Perhitungan *stages* yang dibutuhkan sebagai berikut:

Menghitung  $SG_L$  campuran menggunakan persamaan:

$$SG_{mix} = (\text{Fraksi air} \times SG_{air}) + (\text{Fraksi minyak} \times SG_{minyak})$$

$$SG_{mix} = (98\% \times 1.02) + (2\% \times 0.985)$$

$$SG_{mix} = 1.0193$$

Menghitung PIP (*Pump Intake Pressure*) menggunakan persamaan:

$$PIP = P_{wf \text{ desain}} - \left[ \frac{(\text{Datum Depth} - \text{Pump Depth}) \times SG_L}{2.31 \text{ ft/psi}} \right]$$

$$PIP = 646.65 - \left[ \frac{(5302.658 - 4000) \times 1.0193}{2.31 \text{ ft/psi}} \right]$$

$$PIP = 71.8 \text{ psi}$$

Menghitung *Net Dynamic Lift* menggunakan persamaan:

$$\text{Net Dynamic Lift} = PSD - \left( \frac{PIP \times 2.31 \text{ ft/psi}}{SG_L} \right)$$

$$\text{Net Dynamic Lift} = 4000 - \left( \frac{71.8 \times 2.31 \text{ ft/psi}}{1.0193} \right)$$

$$\text{Net Dynamic Lift} = 3837.253$$

Menghitung nilai *friction loss* pada ID tubing 2.992 inch pada *Q* desain = 4450 bpd dengan persamaan:

$$F = 2.083 \times \left( \frac{100}{C} \right)^{1.85} \times \frac{\left( \frac{Q}{34.3} \right)^{1.85}}{(ID)^{4.8655}}$$

$$F = 2.083 \times \left( \frac{100}{94} \right)^{1.85} \times \frac{\left( \frac{4450}{34.3} \right)^{1.85}}{(2.992)^{4.8655}}$$

$$F = 91.57 \text{ ft/1000}$$

Menghitung *total friction loss* sepanjang PSD:

$$\text{Total Friction Loss} = F \times PSD$$

$$\text{Total Friction Loss} = \frac{91.57}{1000} \times 4000$$

$$\text{Total Friction Loss} = 366.3 \text{ ft}$$

Konversi *wellhead pressure* dalam satuan ft. *Wellhead pressure* pada *Pwf* desain diasumsi-

kan sebesar 100 psi.

$$\text{WHP (ft)} = \frac{\text{WHP (psi)} \times 2.31 \text{ ft/psi}}{\text{SGI}}$$

$$\text{WHP (ft)} = \frac{100 \times 2.31 \text{ ft/psi}}{1.0193}$$

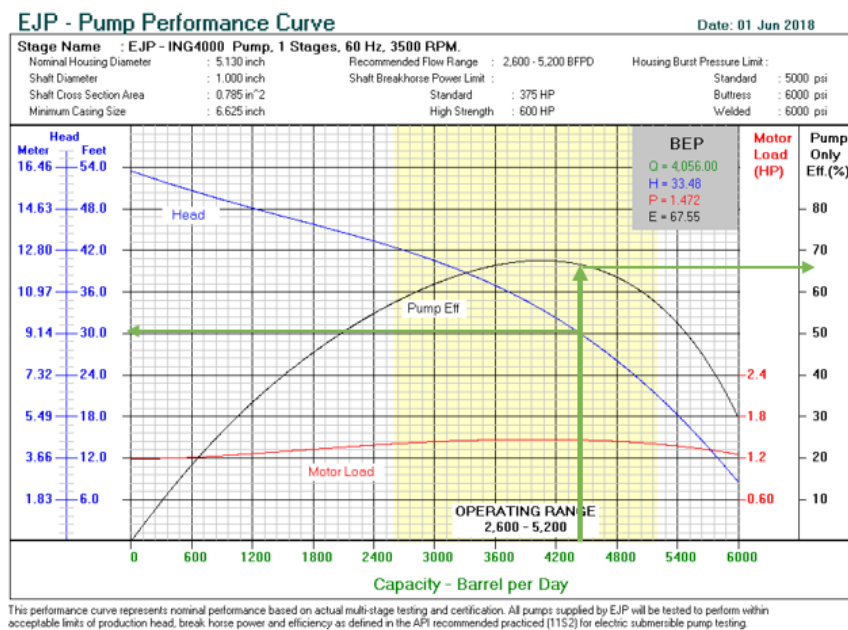
Menghitung TDH (*Total Dynamic Head*) dengan persamaan:

$$\text{TDH} = \text{Net Dynamic Lift} + \text{Total Friction Loss} + \text{WHP (ft)}$$

$$\text{TDH} = 3837.253 + 366.3 + 226.62$$

$$\text{TDH} = 4430.2 \text{ ft}$$

Menentukan *head/stages* dari *Pump Performance Curve* ING 4000, 60 Hz. Plot Q desain 4450 bpd pada *Pump Performance Curve* ING 4000, 60 Hz.



Gambar 4. Plot Q Desain pada Pump Performance Curve ING 4000

Dari plot didapatkan nilai *head/stages* sebesar 31 ft/stages dan efisiensi pompa 66%.

Jumlah stages minimal dihitung dengan persamaan:

$$\text{Stages} = \frac{\text{TDH}}{\text{head/stages}}$$

$$\text{Stages} = \frac{4430.2}{31}$$

$$\text{Stages} = 142.9 \text{ (143 stages)}$$

*Stages* minimal yang dibutuhkan pompa untuk mengalirkan fluida sampai ke permukaan adalah sebanyak 143 *stages*.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi pompa terpasang dan perencanaan ulang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan evaluasi, pompa yang terpasang (ING 3200) mengalami permasalahan kondisi *upthrust*, kelebihan

- beban muatan (*overloaded condition*), dan efisiensi pompa yang sangat rendah (55%).
2. Pompa desain (ING 4000) direncanakan pada Q desain 4450 bpd, Pwf desain 646.65 psi, PSD 4000 ft.
  3. Efisiensi pompa ING 4000 mencapai 66% dengan Q produksi yang lebih besar dari pompa ING 3200.

## Daftar Pustaka

- Brown, KE, 1977, "The Technology of Artificial Lift", Volume 1, Tulsa:Petroleum Publishing Company.
- Centrilift, 1997, "Electric Submersible Pump Handbook", Oklahoma: Centrilift.