

**OPTIMASI PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *PARTIAL RECYCLE LINE*
UNTUK MENGURANGI PENGGUNAAN *VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)* DAN
REDESAIN *ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP)* DI SUMUR GSR-11
LAPANGAN Y**

Oleh: Grace Sonya Rosalie Sesa
Pembimbing: Aries Prasetyo, S.T., M.T. & M.Shindu Arya, S.T.
Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Sains Bandung
Email: gracesonyarosalie@gmail.com

ABSTRAK

Sumur GSR-11 lapangan Y merupakan salah satu lapangan yang terletak di Provinsi Riau. Terdapat 2 formasi yang produktif pada lapangan Y yaitu Formasi Telisa dan Formasi Bekasap. Adapun formasi yang menjadi pembahasan dalam penelitian ini ialah Formasi Telisa. Dimana, sejak pertama kali formasi Telisa dilakukan uji coba produksi, Formasi ini sudah tidak tergolong sebagai *natural flow* sehingga digunakan *artificial lift* agar mengalirkan hidrokarbon menuju permukaan. Pada Sumur GSR-11 sudah dilaksanakan penggunaan *artificial lift* menggunakan pompa ESP yang merupakan "*the smallest pump*" yang tersedia di lapangan Y yaitu tipe CENTURION P3 / 214 STG / 50 HP + AGH agar dapat memperoleh laju alir yang diinginkan. Hasil *rate design pump* CENTURION P3 diperoleh sebesar 400 sampai 600 BFPD sedangkan untuk formasi Telisa hanya dapat menghasilkan *rate* < 300 BFPD sehingga diketahui bahwa setelah digunakan pompa CENTURION P3 terjadi *over design* yang menyebabkan *reservoir* tidak dapat memenuhi kebutuhan fluida nya. Kemudian digunakan *Variabel Speed Drive (VSD)* agar *rate design* diperoleh sebelumnya (400 – 600 BFPD) dapat menjadi < 300 BFPD. Dalam pengaplikasian VSD terdapat beberapa isu pada sumur sehingga mengakibatkan VSD mengalami *shortage*. Oleh karena pada penelitian ini digunakan metode *Partial Recycle Line* sebagai solusi alternatif terhadap permasalahan pada Sumur GSR-11. Metode *Partial Recycle Line* merupakan penginjeksian kembali sebagian fluida yang terproduksi dari *reservoir* untuk mendorong sisa-sisa hidrokarbon yang masih tertinggal di *reservoir* sedangkan fluida yang tidak diinjeksi kembali akan dialirkan ke *production separator*, tentunya dalam penginjeksian kembali harus mempertimbangkan *fluid level* pada pompa ESP. Berdasarkan penggunaan metode *Partial Recycle Line* diperoleh besar nilai desain *rate* 214 BFPD dan 150.4 BOPD. Selain dari penggunaan metode *Partial Recycle Line*, dapat juga dilakukan *redesign* pompa ESP (*downsizing*) yaitu menggunakan pompa Cosco 400 series jika dirasa pengaplikasian dari metode *Partial Recycle Line* dianggap tidak memungkinkan. Diperoleh nilai laju alir optimum 100 BFPD dan 70 BOPD sebagai hasil *redesign* pompa ESP (*downsizing*) menggunakan pompa Cosco 400 series. Berdasarkan hasil kedua solusi diatas diketahui bahwa *design rate* yang diperoleh sudah sesuai dengan *rate* dari Sumur GSR-11 (<300 BFPD).

Kata Kunci: *Electric Submersible Pump, Partial Recycle Line, dan redesign* pompa ESP (*downsizing*).

ABSTRACT

The GSR-11 well in the Y field is one of the fields located in Riau Province, Central Sumatra. There are 2 productive formations in the Y field, namely the Telisa Formation and the Bekasap Formation. The formation that is discussed in this study is the Telisa formation. Where, since the first production trial of the Ttelisa formation was carried out, this formation is no longer classified as a natural flow so an artificial lift is used to flow the hydrocarbons towards the surface. In the GSR-11 Well, the use of an artificial lift has been implemented using an ESP pump which is "the smallest pump" available in the field, namely the CENTURION P3 / 214 STG / 50 HP + AGH type in order to obtain the desired flow rate. The design rate for the CENTURION P3 pump was obtained at 400 to 600 BFPD. In comparison, the Telisa formation

could only produce a rate < 300 BFPD so it was known that after using the CENTURION P3 pump an overdesign occurred which caused the reservoir to be unable to meet its fluid requirements. Then Variable Speed Drive (VSD) is used so that the previously obtained design rate (400 – 600 BFPD) can be < 300 BFPD. In the application of VSD, there are several issues in the Field resulting in a shortage of VSD. Because in this study the Partial Recycle Line method was used as an alternative solution to the problems at the GSR-11 Well. The Partial Recycle Line method is a partial re-injection of the fluid produced from the reservoir to push out the remaining hydrocarbons that are still left in the reservoir while the fluid that is not reinjected will flow into the production separator, of course in reinjecting it must consider the fluid level at the ESP pump. Based on the use of the Partial Recycle Line method, the design rate is 214 BFPD and 150.4 BOPD. Apart from using the Partial Recycle Line method, it is also possible to redesign the ESP pump (downsizing), namely using the Cosco 400 series pump if it is felt that the application of the Partial Recycle Line method is deemed impossible. The design rate values of 100 BFPD and 70 BOPD were obtained as a result of the ESP pump redesign (downsizing) using the Cosco 400 series pump. Based on the results of the two solutions above, it is known that the design rate obtained is in accordance with the rate from the GSR-11 Well (<300 BFPD).

Keywords: *Electric Submersible Pump, Partial Recycle Line, dan redesign pompa ESP (downsizing).*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumur GSR-11 Lapangan Y merupakan salah satu lapangan yang terletak di Provinsi Riau, Sumatera Tengah. Lapangan Y ditemukan pada bulan agustus 1973, lapangan ini berada pada cekungan Sumatera Tengah. Terdapat 2 formasi yang produktif pada Lapangan Y yaitu Formasi Telisa dan Formasi Bekasap. Lapangan Y mulai diproduksi pada tahun 1975 dan Formasi Bekasap sebagai target utama pengeboran dengan karakteristik *reservoir High Quality Reservoir (HQR)* dengan *Recovery Factor* sebesar 43%. Pada tahun 2018 dilakukan pengembangan pada Formasi Telisa dengan karakter *reservoir* yaitu *Low Quality Reservoir (LQR)*.

Mekanisme pendorong yang bekerja pada kedua formasi ini yakni formasi Bekasap ialah *strong water drive* sedangkan pada formasi Telisa ialah *solution gas drive*.

Formasi Telisa memiliki karakteristik *reservoir LQR* dengan nilai permeabilitas yang kecil sehingga dilakukan *hydraulic fracturing* dengan menggunakan *single completion* untuk dapat membuat rekahan pada matrix sehingga dapat mengalirkan hidrokarbon. Formasi Telisa merupakan formasi yang memiliki tenaga pendorong yaitu *solution gas drive* yang mana dapat mengakibatkan tekanan pada formasi Telisa lebih cepat mengalami penurunan dan sejak pertama kali formasi Telisa dilakukan uji coba produksi, formasi ini sudah tidak tergolong sebagai *natural flow* sehingga

digunakan *artificial lift* agar mengalirkan hidrokarbon menuju permukaan. *Artificial lift* yang digunakan pada Lapangan Y ini ialah *Hydraulic Pump Unit* (HPU) dan *Electric Submersible Pump* (ESP), yang digunakan khusus di Formasi Telisa ialah ESP dikarenakan relatif sumur ini memiliki high angle atau *Dogleg Severity* (DLS) yang cukup tinggi sehingga hanya ESP yang dapat diaplikasikan pada formasi Telisa. Formasi Telisa memiliki tekanan *reservoir* awal (*initial pressure*) sebesar 1700 sampai 2100 psi, tetapi pada saat diproduksi tekanan menurun hingga mencapai 390 psi sedangkan *tekanan bubble point* sebesar 300 psi. *Reservoir* ini merupakan reservoir tidak jenuh (*undersaturated oil reservoir*) sehingga dapat menyebabkan fluida pada Formasi Telisa cenderung *gassy*.

Pada Sumur GSR-11 sudah mengaplikasikan penggunaan *artificial lift* menggunakan pompa ESP yang merupakan “*the smallest pump*” yang tersedia di sumur ini yaitu tipe CENTURION P3 / 214 STG / 50 HP + AGH agar dapat memperoleh laju alir yang diinginkan. Hasil *rate design pump* CENTURION P3 diperoleh sebesar 400 sampai 600 BFPD sedangkan untuk Formasi Telisa hanya dapat menghasilkan *rate* < 300 BFPD sehingga diketahui bahwa setelah digunakan pompa CENTURION P3 terjadi *over design* yang menyebabkan *reservoir* tidak dapat memenuhi kebutuhan fluida nya.

Oleh karena itu dibutuhkan *Variabel Speed Drive* (VSD) yang dipasang pada switch board yang dapat merubah kecepatan rotasi motor dengan mengubah AC *power* sebelum dikirim ke dalam motor ESP dibawah permukaan. VSD sebagai perangkat tambahan juga berfungsi agar dapat mengoperasikan lebih luas kisaran dari kapasitas, head, dan efisiensi pompa sehingga *rate design* CENTURION P3 yang diperoleh sebelumnya (400 – 600 BFPD) dapat menjadi < 300 BFPD.

Dalam pengaplikasian VSD terdapat beberapa isu pada sumur GSR-11 sehingga mengakibatkan VSD mengalami *shortage*. *VSD Shortage* atau keterbatasan VSD mengakibatkan tidak optimalnya pengaplikasian VSD pada pompa, hal ini dikarenakan beberapa permasalahan yang terjadi pada sumur. Permasalahan sumur ialah mengalami *pressure drop* dan timbulnya *gassy* (*gas lock*) dikarenakan *bottom hole pressure* (BHP) dibawah tekanan *bubble point* sehingga menyebabkan *free gas* ikut terproduksi dan terakumulasi masuk ke dalam pompa sehingga timbulah *gassy*.

Oleh karena itu sumur GSR-11 Lapangan Y ini membutuhkan solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan pada lapangan ini yaitu dengan menggunakan metode *Partial Recycle Line*, yang merupakan penginjeksian kembali

sebagian fluida yang terproduksi dari *reservoir* untuk mendorong sisa-sisa hidrokarbon yang masih tertinggal di *reservoir* sedangkan fluida yang tidak diinjeksi kembali akan dialirkan ke *production separator*, tentunya dalam penginjeksian kembali harus mempertimbangkan *fluid level* pada pompa ESP. Pengaplikasian metode *partial recycle line* dapat mengurangi permasalahan *gassy* pada pompa, mengatasi timbulnya *underload* pada pompa, dan mengurangi penggunaan VSD pada pompa ESP.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menentukan karakteristik fluida pada sumur GSR-11.
2. Menentukan besarnya laju alir optimum pada 3 kondisi (*initial condition, current condition before trial partial recycle line, condition after trial partial recycle line* saat frekuensi 60 Hz) menggunakan metode *partial recycle line* dari sumur "GSR-11".
3. Menganalisa kondisi terbaik dari 3 kondisi yang diaplikasikan pada metode *partial recycle line* agar mencapai laju alir yang optimum pada permasalahan sumur keterbatasan pompa.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini ialah:

1. Optimasi yang dilakukan pada penelitian ini terbatas hanya pada optimasi design *artificial lift* ESP.
2. Tidak dilakukan pengetesan di *Wellhead* tetapi dilakukan test di *Spool Test*.
3. Pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan *hydraulic fracturing*.
4. Pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan mengenai keekonomian.
5. Metode yang digunakan pada penelitian hanya *partial recycle line*.

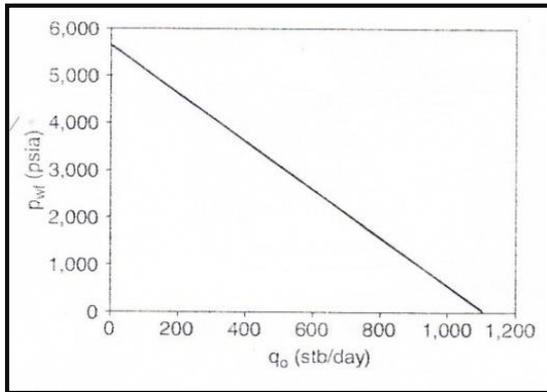
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inflow Performance Relationship (IPR)

IPR Satu-Fasa adalah IPR yang dipergunakan untuk *undersaturated oil reservoir*, yakni ketika P_{wf} berada diatas *bubble-point pressure* (P_b). Pada kondisi tersebut gas masih terlarut didalam minyak maka belum ada *free gas* yang terbentuk pada laju alir *reservoir*. Hal ini menyebabkan pada lajur alir fluida hanya terdiri dari satu fasa, yaitu minyak.

Kurva IPR untuk Satu-Fasa berupa garis lurus yang ditarik dari tekanan *reservoir* ke *bubble-point pressure*. Jika *bubble-point*

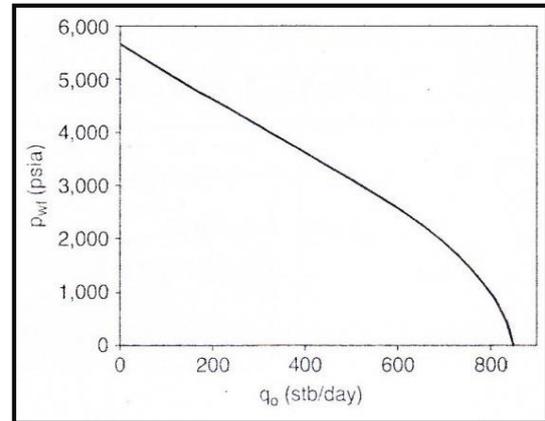
pressure sama dengan 0 psig, maka *absolute open flow* (AOF) sama dengan *productivity index* (J^*) dikalikan dengan tekanan *reservoir*.



Gambar 2.1. Kurva IPR Satu-Fasa (Vogel, 1968)

Ketika tekanan *reservoir* berada dibawah *bubble point pressure* (P_b), gas terlarut akan keluar dari minyak dan menjadi *free gas*. *Free gas* menempati sebagian ruang dari pori sehingga mengurangi aliran dari minyak dan efek ini dapat dikuantifikasi dengan berkurangnya permeabilitas relatif. Hal ini juga mengakibatkan viskositas dari minyak menurun dikarenakan berkurangnya konsentrasi gas terlarut di dalam minyak. Kombinasi dari perubahan permeabilitas relatif dan perubahan viskositas mengakibatkan berkurangnya laju alir minyak pada *bottom hole pressure* tersebut. Hal ini mengakibatkan deviasi kurva IPR ketika berada di bawah *bubble-point pressure*. Semakin rendah tekanan tersebut maka semakin besar deviasinya. Jika tekanan *reservoir* (\bar{p}) berada dibawah *initial bubble point pressure* (p_b) maka pada *reservoir* tersebut terdapat aliran

minyak dan gas sehingga laju alir pada *reservoir* disebut sebagai *two-phase*, karena laju alir terdiri dari dua fasa, yakni minyak dan gas.



Gambar 2.2. Kurva IPR Satu-Fasa (Vogel, 1968)

IPR Tiga-Fasa adalah model IPR yang dipergunakan untuk *reservoir* tiga fasa dimana fluida yang mengalir adalah minyak, air, dan gas. Salah satu metoda IPR ini adalah metode Wiggins yang dikembangkan dari metode Vogel. Metode ini lebih sederhana daripada metode *three-phase reservoir* lainnya. Pada metode Wiggins, diasumsikan bahwa setiap fasa dapat diperlakukan secara terpisah sehingga debit minyak (q_o) dan debit air (q_w).

2.2 Electric Submersible Pump (ESP)

Menurut buku dari (Kermit E brown, 1980) Pompa benam listrik dibuat atas dasar pompa sentrifugal bertingkat banyak dimana keseluruhan pompa dan motornya ditenggelamkan ke dalam cairan. Pompa ini digerakkan dengan motor listrik dibawah permukaan melalui suatu poros motor

- *Total Dynamic Head (TDH)*

$$Total\ dynamic\ head = HD + HF + HT$$

Keterangan :

HD = Vertical lift, ft

HF = Head friction, ft

HT = Tubing head, ft

g) Menentukan Jenis Pompa dan Jumlah Stages.

Jenis pompa dapat ditentukan untuk mencari jenis pompa yang paling efisiensi dengan berdasarkan tes pabrik dengan air tawar yang kemudian penyajiannya secara grafis dapat dibuat grafik karakteristik pompa (*performance curve*). Pada grafik tersebut akan digambarkan head yang dihasilkan atau head develop, efisien pompa, *brake horse power* terhadap *rate* (BPD).

- Jumlah Stage

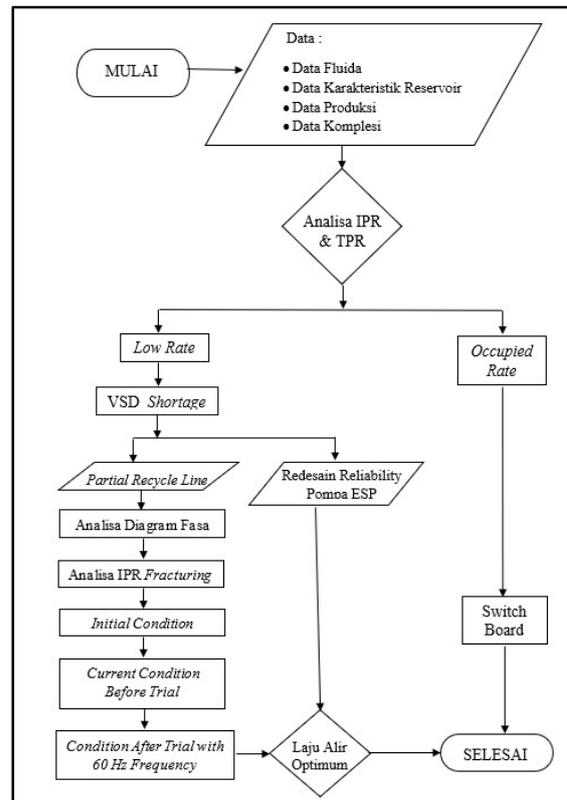
$$Jumlah\ stages = \frac{Total\ dynamic\ head}{Head/stage}$$

- Tenaga Horse Power

$$Total\ horse\ power = \frac{Horse\ power}{stage} \times Jumlah\ stages$$

III. PENGOLAHAN DATA

3.1 Metode Desain ESP



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

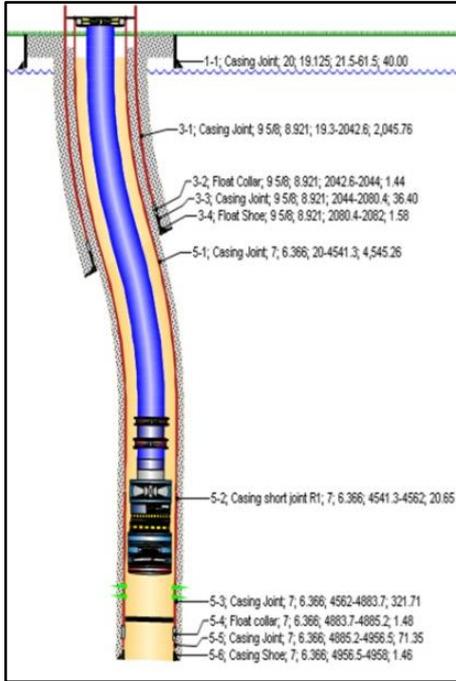
4.1 Data Sumur GSR-11

Tabel 4.1 Data Sumur GSR-11

Data Sumur		
Static Fluid Level	83	ft
Working Fluid Level	83	ft
Fluid Above Pump	2421	ft
Datum (MD)	4980	ft
Pump Setting Depth	4570	ft
Water Cut	30	%
Specific Gravity Oil	0.90	psi/ft
Middle Perforation	4675	ft
Tekanan Reservoir	1200	psig
Pwf	390	psig
Temperature Reservoir	244	Deg F
Tekanan Casing	90	psi
Operating Frequency	60	Hz
Productivity Index	0.5	BFPD/psig
Casing OD	7	inch
Tubing ID	5.43	inch
Total Stages	214	STG
Pump	CENTURION P3	

Tabel 4.2 Data Kompleksi Sumur GSR-11

Depth (ft)	OD (inch)	ID (inch)
0	61.5	20
61.5	2082	9 5/8
2082	4958	7



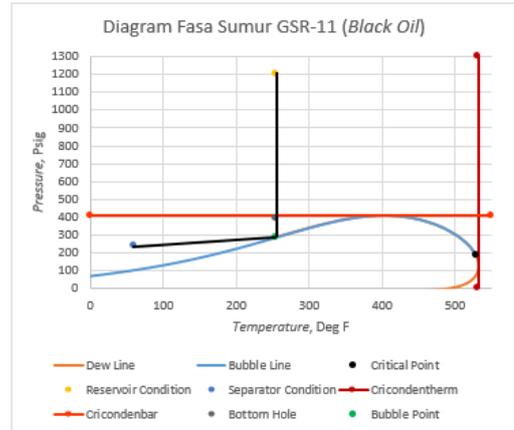
Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian

4.2 Pengolahan Data Sumur GSR-11

4.2.1 Optimasi Pompa ESP Menggunakan Metode *Partial Recycle Line*.

Metode *Partial Recycle Line* merupakan suatu metode yang bekerja dengan cara mengembalikan sebagian fluida yang diproduksi kembali melalui annulus dengan mempertahankan *frequency switchboard* di 60 Hz, sehingga dapat meningkatkan *fluid level* (Pertamina Hulu Rokan, *Project Background*, 2023).

1) Pembuatan Diagram Fasa Sumur GSR-11



Gambar 4.2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 4.4 Hasil Diagram Fasa

PVT Parameter	Sumur
	GSR-11
Initial Pressure, psi	1200
Temperature, deg F	255
Bubble Point (Pb), psi	300
Separator Pressure, psi	235

Dari hasil diagram fasa diatas diketahui bahwa *reservoir* ini merupakan *undersaturated reservoir* dengan karakteristik fluida yaitu *Black Oil*.

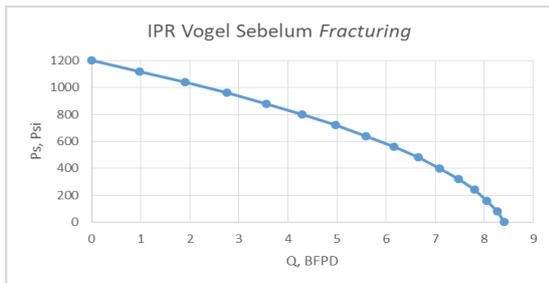
2) Perbandingan IPR *Fracturing*

Dikarenakan karakter *reservoir* sumur GSR-11 merupakan *low quality reservoir* (LQR) maka dilakukan *fracturing* dengan menggunakan propant ukuran 20/40 dengan maksimum *average concentration* sebesar 2.8 lb/ft² setelah dilakukan *fracturing* kemudian dilakukan *simulation* pada *reservoir* ini untuk diketahui perbandingan IPR, dikarenakan secara *inflow* sudah berbeda dari IPR sebelum *fracturing*.

- Sebelum *Fracturing*

Tabel 4.5 Hasil Sebelum *Fracturing*

Sebelum <i>Fracturing</i>		
Total Rate	54	BBLS (BFPD/FT)
Rate Per Hour	1.25	BPH
IFL	83	ft
WFL	83	ft
WC	5	%
PI	0.007	BFPD/ft
Ps	1200	psi

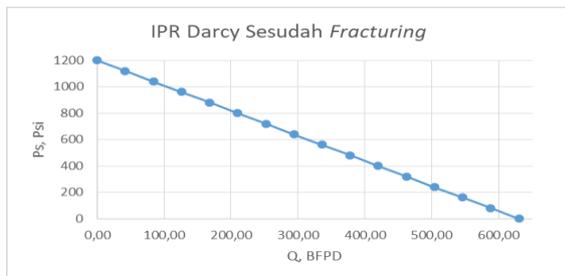


Gambar 4.3. IPR Sebelum *Fracturing*

- Sesudah *Fracturing*

Tabel 4.6 Hasil Sesudah *Fracturing*

Sesudah <i>Fracturing</i>		
Total Rate	306	BBLS (BFPD/FT)
Rate Per Hour	24	BPD
IFL	69	ft
WFL	1640	ft
WC	100	%
PI	0.5	BFPD/ft
Ps	1200	Psi



Gambar 4.4. IPR Sesudah *Fracturing*

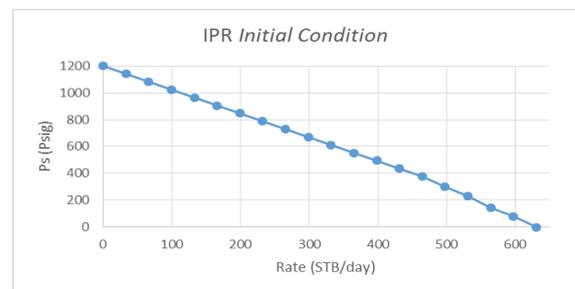
3) Pengaplikasian Metode *Partial Recycle Line*.

Metode *partial recycle line* dilakukan dengan interpretasi menggunakan *software* PROSPER, metode ini terbagi menjadi 3 kondisi yang menggambarkan efektivitas dalam pengaplikasian metode tersebut, 3 kondisi tersebut ialah *initial condition*,

current condition *trial partial recycle line* dan *condition after trial partial recycle line* with 60 Hz frequency.

- *Initial Condition*

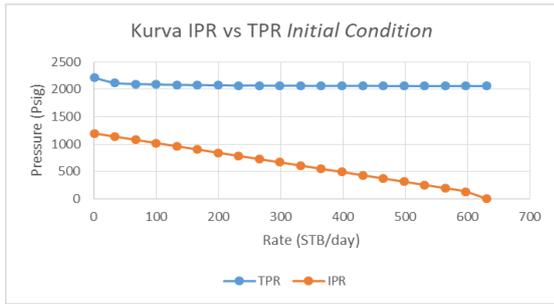
Initial condition ialah kondisi awal sumur sebelum diaplikasikan *partial recycle line*. Pada kondisi ini *reservoir* sudah dilakukan *fracturing* sehingga berdasarkan kurva IPR yang sudah dihitung sebelumnya diketahui bahwa laju alir maksimum pada sumur ini ialah sebesar 630 BFPD.



Gambar 4.5. IPR Sesudah *Fracturing*

Hasil dari kurva IPR yang dihasilkan memiliki *Absolute Open Flow* (AOF) sebesar 630.7 STB/day dengan *formation PI* sebesar 0.564 STB/day/psi, *water cut* sebesar 30% dan tekanan *reservoir* sebesar 1200 psig.

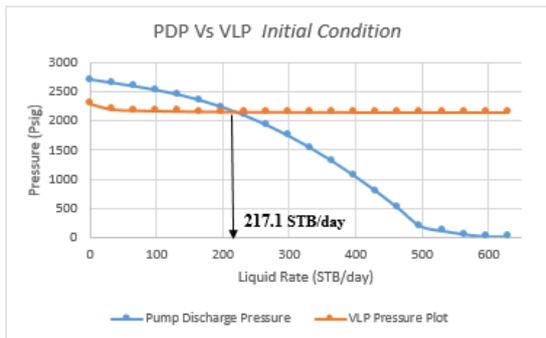
Pada **Gambar 4.6.** melalui kurva IPR vs TPR dikatakan bahwa sejak awal sumur GSR-11 tidak natural flow dikarenakan karakteristik *reservoir* yang rendah yaitu *low quality reservoir* (LQR) sehingga menyebabkan permeabilitas kecil hal tersebut berdampak pada P_{wf} yang ikut rendah sehingga diputuskan untuk menggunakan *artificial lift* yaitu ESP.



Gambar 4.6. Kurva IPR vs TPR Initial Condition

Tabel 4.7 Hasil Kurva IPR Initial Condition

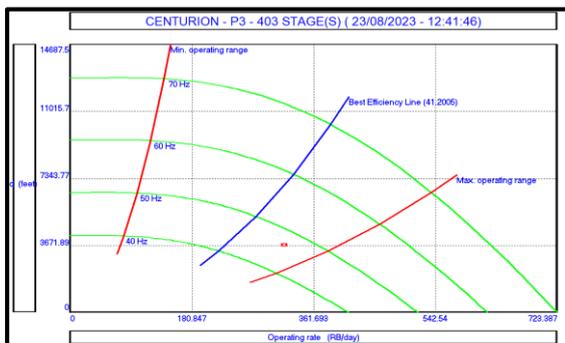
AOF	630.7	STB/day
Reservoir Pressure	1200	Psig
Reservoir Temperature	224	Deg F
Water Cut	30	%
Total GOR	0.35	Scf/STB
Productivity Index	0.5	STB/day/psi
Metode IPR	PI Entry	



Gambar 4.7. Kurva PDP vs VLP Initial Condition

Tabel 4.8 Hasil Kurva PDP vs VLP Initial Condition

Liquid Rate	217.1	STB/day
Gas Rate	0.00012806	MMscf/day
Oil Rate	128.1	STB/day
Water Rate	89.0	STB/day



Gambar 4.8. Hasil Operating Range Initial Condition

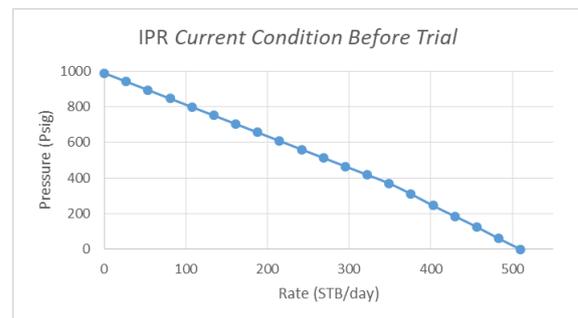
Tabel 4.7 Hasil ESP Desain Initial Condition menggunakan PROSPER

Jenis Pompa	Centurion P3 4 Inches
Jenis Motor	Boret EDB 125-117B5 50 HP 2142V 49A
Jenis Kabel	1AL
Stages	403
Pump Intake Pressure	500.339 psig
Frekuensi	45 Hz
Pump Efficiency	30%
KVA	2.290

Pada kondisi ini telah dipasang *artificial lift electric submersible pump (ESP)* dengan frekuensi sebesar 45 Hz maka diperoleh *Pump Intake Pressure* sebesar 500.339 psig dengan stage sebesar 403.

• *Current Condition Before Trial*

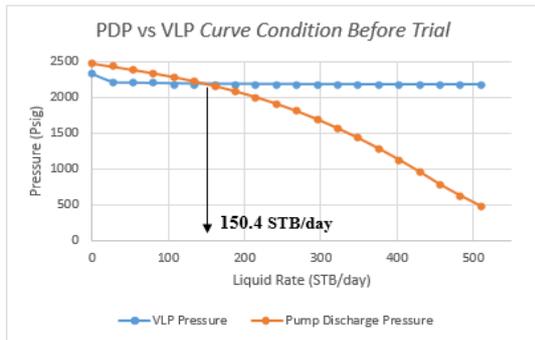
Current Condition Trial Partial Recycle Line ialah kondisi saat diaplikasikan nya metode *trial partial recycle line* pada kondisi ini tekanan *reservoir* akan turun hingga 989 psig dikarenakan sumur ini telah diproduksi selama 7 bulan (28 Oktober 2021 – 14 April 2022) dapat dilihat pada *history production* yang dilampirkan pada lampiran.



Gambar 4.9. Kurva IPR Current Condition

Tabel 4.8 Hasil Kurva IPR Current Condition Before Trial Partial Recycle Line

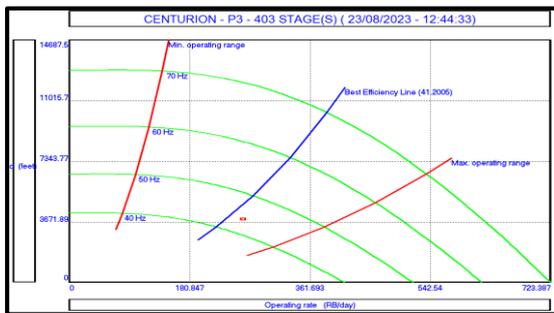
AOF	510.1	STB/day
Reservoir Pressure	989	Psig
Reservoir Temperature	224	Deg F
Water Cut	30	%
Total GOR	0.35	Scf/STB
Productivity Index	0.5	STB/day/psi
Metode IPR	PI Entry	



Gambar 4.10 Kurva PDP vs VLP Current Condition Before Trial Partial Recycle Line

Tabel 4.9 Hasil Kurva PDP vs VLP Current Condition Before Trial Partial Recycle Line

Liquid Rate	150.4	STB/day
Gas Rate	0.00010525	MMscf/day
Oil Rate	105.3	STB/day
Water Rate	45.1	STB/day



Gambar 4.11 Hasil Operating Range Condition After Trial Partial Recycle Line

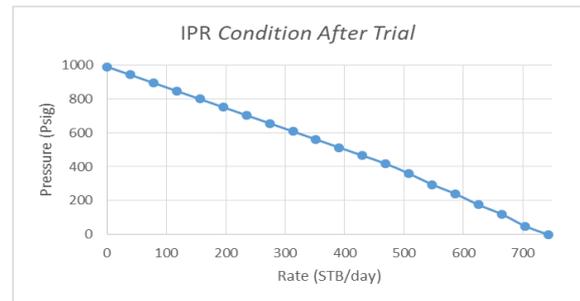
Tabel 4.10 Hasil ESP Design Current Condition Before Trial Partial Recycle Line

Jenis Pompa	Centurion P3 4 Inches
Jenis Motor	Boret EDB 125-117B5 50 HP 2142V 49A
Jenis Kabel	1AL
Stages	403
Pump Intake Pressure	390.679 psig
Frekuensi	45 Hz
Pump Efficiency	30%
KVA	2.459

Dari hasil *operating range* diperoleh *pump intake pressure* sebesar 390.679 psi dengan stages yang sama yaitu sebesar 403 stages.

- *Condition After Trial Partial 60Hz*

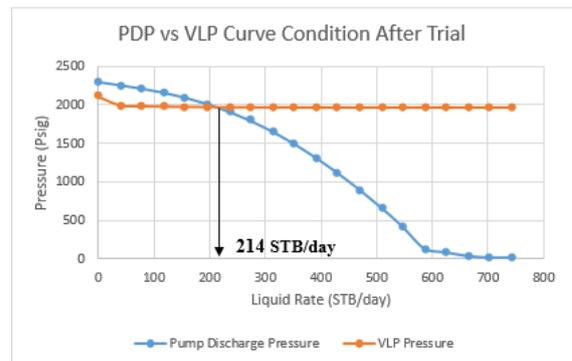
Condition After Trial Partial Recycle Line ialah kondisi setelah diaplikasikan metode *partial recycle line* pada kondisi ini dilakukan penambahan fluida melalui annulus sehingga menyebabkan *intake pressure* mengalami kenaikan tekanan.



Gambar 4.12 Hasil Operating Range Condition After Trial Partial Recycle Line

Tabel 4.11 Hasil Kurva IPR Condition After Trial Partial Recycle Line

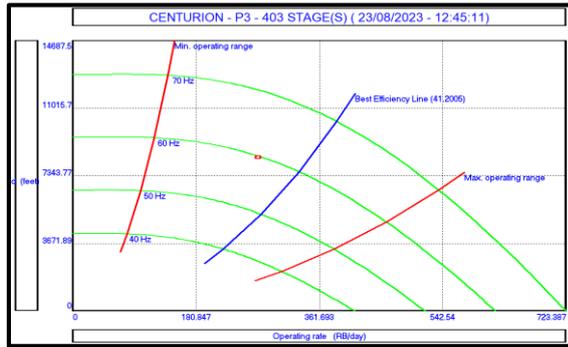
AOF	742	STB/day
Reservoir Pressure	989	Psig
Reservoir Temperature	224	Deg F
Water Cut	30	%
Total GOR	0.35	Scf/STB
Productivity Index	0.5	STB/day/psi
Metode IPR	PI Entry	



Gambar 4.13 Kurva PDP vs VLP Condition After Trial Partial Recycle Line

Tabel 4.12 Hasil Kurva PDP vs VLP Condition After Trial Partial Recycle Line

Liquid Rate	214	STB/day
Gas Rate	0.0001504	MMscf/day
Oil Rate	150.4	STB/day
Water Rate	64.3	STB/day



Gambar 4.14 Hasil Operating Range Condition After Partial Recycle Line

Tabel 4.12 Hasil ESP Design Condition After Trial Partial Recycle Line

Jenis Pompa	Centurion P3 4 Inches
Jenis Motor	Boret EDB 125-117B5 50 HP 2142V 49A
Jenis Kabel	1AL
Stages	403
Pump Intake Pressure	780.887 psig
Frekuensi	60 Hz
Pump Efficiency	40 %
KVA	2.481

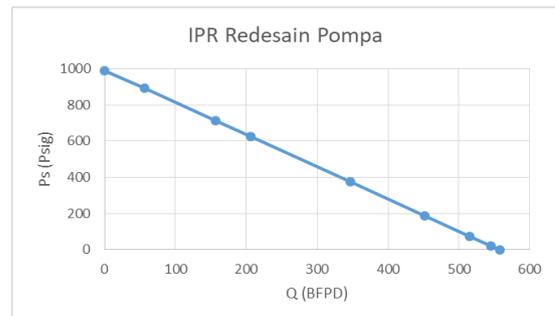
Dari hasil *operating range* diperoleh *pump intake pressure* sebesar 780.887 psi dengan stages yang sama yaitu sebesar 403. Dapat dilihat bahwasannya tidak ada kenaikan *pressure* pada *reservoir* tetapi terjadi kenaikan pada *pump intake pressure* hal tersebut dikarenakan sudah diaplikasinya metode *partial recycle line* sehingga menyebabkan *fluid level* mengalami kenaikan yang mana berdampak pada *intake pressure* yang naik akibat

perubahan dari *pwf* yang mengalami kenaikan.

4.2.2 Redesain Pompa ESP

1) Pembuatan Kurva *IPR Downsizing*

Metode *Inflow Performance Relationship* (IPR) yang digunakan dalam redesign pompa ini ialah Metode PI Entry atau Metode Darcy yang mana berdasarkan data analisa PVT diperlihatkan bahwa tekanan *reservoir* yang masih berada diatas *bubble point pressure* dengan karakteristik fluida ialah *black oil*.



Gambar 4.15 Kurva IPR Redesain Sumur GSR-11

Dari hasil kurva IPR yang dihasilkan seperti pada **Gambar 4.15** memiliki nilai *Absolute Open Flow* (AOF) sebesar 558 STB/day dengan nilai *formation PI* sebesar 0.5 STB/day/Psi.

- Laju alir maksimum ketika $P_{wf} = 0$ psig, yaitu
 $Q_{max} = PI \times (P_s - P_{wf})$
 $Q_{max} = 0.56 \times (998 - 0)$
 $Q_{max} = 558 \text{ BFPD}$

2) Penentuan *Static Fluid Level* (SFL) dan *Dynamic Fluid Level* (DFL)

- Gradien Fluida

$$\begin{aligned} \text{Specific Gravity Mix} &= ((1-WC) \times S_{\text{soil}}) + (WC \times S_{\text{water}}) \\ &= ((1-0.30) \times 0.90) + (0.30 \times 1) \\ &= 0.93 \\ \text{Gradien Fluida} &= 0.433 \text{ psi /ft} \times \text{Specific Gravity Mix} \\ &= 0.433 \times 0.93 \\ &= 0.40 \text{ psi/ft} \end{aligned}$$

- *Static Fluid Level* (SFL)

$$\begin{aligned} \text{Static Fluid Level} &= D_{\text{midperf}} - \left(\frac{P_s}{G_f}\right) \\ &= 4675 - \left(\frac{989}{0.40}\right) \\ &= 2227 \text{ ft} \end{aligned}$$

- *Dynamic Fluid Level* (DFL)

$$\begin{aligned} \text{Dynamic Fluid Level} &= D_{\text{midperf}} - \left(\frac{P_{wf}}{G_f}\right) \\ &= 4675 - \left(\frac{390}{0.40}\right) \\ &= 3710 \text{ ft} \end{aligned}$$

3) Menentukan *Pump Intake Pressure*

- Perbedaan Kedalaman = $D_{\text{midperf}} - \text{PSD opt}$
 $= 4675 - 4570$
 $= 105 \text{ ft}$
- Perbedaan Tekanan = Perbedaan kedalaman x G_f
 $= 105 \times 0.40$
 $= 42 \text{ ft}$
- *Pump Intake Pressure* = $P_{wf} - \text{Perbedaan Tekanan}$
 $= 390 - 42$
 $= 348 \text{ psi}$

4) Menentukan *Total Dynamic Head* (TDH)

- Menentukan *Fluid Above Pump* (FAP)

$$\begin{aligned} \text{FAP} &= \text{PIP} / G_f \\ &= 348 / 0.40 \\ &= 860 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Menentukan *Vertical Lift* (HD)

$$\begin{aligned} \text{HD} &= \text{PSD} - \text{FAP} \\ &= 4570 - 860 \\ &= 3710 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Menentukan *Tubing Friction Loss* (F)

Hitung *friction loss* (F) tubing 2.444 inch

$$\begin{aligned} F &= \frac{2.083 \left(\frac{100}{120}\right)^{1.85} \left(\frac{q}{2.444}\right)^{1.85}}{ID_{\text{tubing}}} \\ &= \frac{2.083 \left(\frac{100}{120}\right)^{1.85} \left(\frac{100}{2.444}\right)^{1.85}}{2.441} \\ &= 4 \text{ ft/1000 ft} \end{aligned}$$

- Menghitung *Head Friction* (HF)

Hitung HF pada PSD 4570 ft menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{HF} &= (F/L) * \text{PSD} \\ &= (4/1000) \times 4570 \\ &= 20 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Menghitung *Tubing Head* (HT)

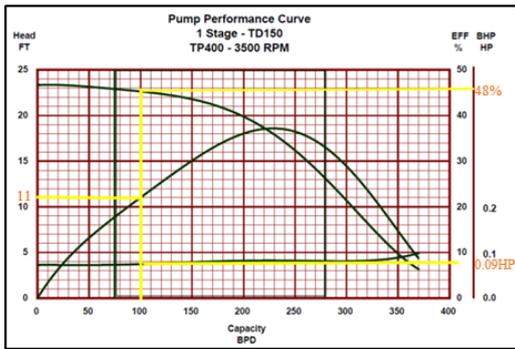
$$\begin{aligned} \text{HT} &= \text{Wellhead Pressure} \times G_f \\ &= 100 \times 0.40 \\ &= 40 \text{ ft} \end{aligned}$$

- *Total Dynamic Head* (TDH) menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{TDH} &= \text{HD} + \text{HF} + \text{HT} \\ &= 3710 + 20 + 40 \\ &= 3770 \text{ ft} \end{aligned}$$

5) Menentukan Jenis Pompa dan Pehitungan Stage

Berdasarkan spesifikasi sumur GSR-11 dengan laju alir 100 BFPD maka jenis pompa yang memenuhi spesifikasi sumur GSR-11 adalah *Canadian Oil Well Systems Company* (COSCO) 400 Series dimana kurva grafiknya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.16 Pump Curve COSCO 400 Series

- Stage Pompa = $TDH / \text{Head Capacity}$
= $3770 / 11$
= 343 Stages
- Brake Horse Power = $\text{Stages} \times \text{HP motor}$
= 343×0.09
= 31 HP

6) Menentukan Jenis Motor dan Kehilangan Tegangan

Berdasarkan nilai HHP pompa COSCO 400 series dapat ditentukan jenis motor dengan memilih besaran HP motor yang lebih besar sesuai dengan yang ada dalam table motor 60 Hz yang ditampilkan di lampiran, ditentukan jenis motor yang dipakai ialah series 540 series (5.43" OD) dengan jenis motor 40 HP, 435 Volt, 60 A.

Dengan jenis motor 540 series 60 Amperre memberikan kehilangan tegangan sekitar 15 volt per 1000 ft. dalam hal ini didapat jenis kabel #1CU –# 2/0 AL dengan kehilangan tegangan 15 volt per 1000 ft.

• Menentukan Kecepatan Alir di Annulus Motor (FV)

$$FV = \frac{0.0119 \times Q_{total}}{(ID_{casing})^2 - (OD_{motor})^2}$$

$$= \frac{0.0119 \times 558}{(6)^2 - (5.43)^2}$$

$$= 1.02 \text{ ft/second}$$

Nilai FV lebih dari 1 ft/detik sehingga memenuhi.

• Menghitung Nilai Total Tegangan dan KVA

$$\text{Kehilangan Tegangan} = D_{midperf} \times (15/1000)$$

$$= 4675 \times (15/1000)$$

$$= 70.125 \text{ Volt}$$

$$\text{Total Tegangan} = 435 + \text{Kehilangan Tegangan}$$

$$= 435 + 70.125$$

$$= 505.125 \text{ Volt}$$

$$\text{KVA} = 1.73 \times \text{Total Tegangan} \times A/1000$$

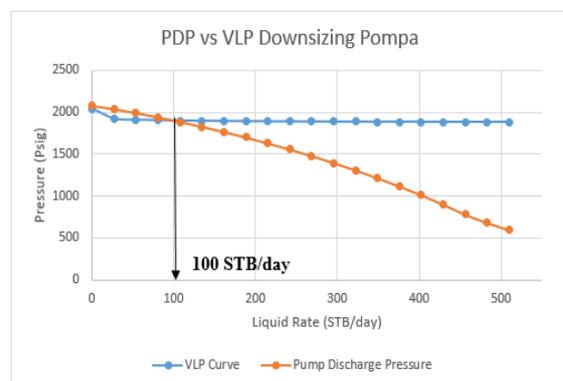
$$= 1.73 \times 505.125 \times 60/1000$$

$$= 52.43 \text{ KVA}$$

Tabel 4.19 Hasil Downizing Pompa ESP

Parameter	Hasil Pembacaan COSCO 400 Series
Laju Alir, BFPD	100
Head Capacity, ft/Stage	11
HHP, HP	31
Efisiensi, %	48
Frekuensi Operasi	60 Hz
Jumlah Stages	343
HP motor, HP/stage	0.09
KVA	52.43
Jenis Kabel	2AL

Berikut adalah hasil perpotongan dari Pump Discharge Pressure dan Vertical Lift Performance Curve yang memperoleh laju alir sebesar 100 BFPD/70 BOPD.



Gambar 4.17 Kurva PDP vs VLP Downsizing

4.3 Hasil Akhir Optimasi Sumur GSR-11

Hasil optimasi produksi melalui metode *partial recycle line* dan redesain pompa ESP sumur GSR-11, maka dilakukan perbandingan untuk masing-masing metode untuk melihat laju alir optimum dan pompa yang lebih efisien dan ekonomis untuk digunakan diperusahaan.

4.3.1 Hasil Metode *Partial Recycle Line*

Tabel 4.20 Hasil Perbandingan 3 Kondisi Metode *Partial Recycle Line*

Keterangan	Initial Condition	Sebelum Trial Partial Recycle Line	Sesudah Trial Partial Recycle Line
Pompa	Centurion P3	Centurion P3	Centurion P3
Tekanan Reservoir (Psig)	1200	989	989
BFPD (STB/day)	217.1	150.4	214
BOPD (STB/day)	128.1	105.3	150.4
Water Cut (%)	30	30	30
PI (STB/day/psi)	0.5	0.5	0.5
Pump Intake Pressure (Psig)	500.339	390.679	780.887
Frekuensi (Hz)	45	45	60
Choke (%)	100	100	40
Motor (HP)	50	50	50
Efisiensi (%)	30	30	40
Stages	403	403	403

Berdasarkan Tabel 4.20 diatas diketahui bahwa dalam mengaplikasikan metode *partial recycle line* digunakan pompa yang tersedia di perusahaan dengan tipe Centurion P3. Setelah dianalisa diketahui bahwa hasil dari kondisi *after trial partial recycle* menghasilkan laju alir optimum yang sangat efisien dengan 214 BFPD dan 150.4 BOPD sehingga dapat dikatakan metode ini dapat diaplikasikan dengan baik pada sumur-sumur lain dengan problema yang sama yakni keterbatasan VSD untuk memproduksi fluida

Dalam mengaplikasikan metode ini perlu diperhatikan mengenai *pump intake pressure adjusting* yang dilakukan ialah *intake pressure* sehingga berdampak pada kenaikan *fluid level* adapun dampak dari frekuensi yang mana ketika menaikkan *frekuensi pump intake pressure* akan mengalami penurunan, turunnya *intake pressure* tidak boleh mencapai 300 psi dikarenakan pompa akan mengalami *gas lock* maka dari itu dilakukan *adjusting choke*, pada saat *initial condition* 45 Hz *choke* 100% begitu juga saat *before trial* tetapi sudah mulai dilakukan *adjusting choke* mulai dari frekuensi 50 Hz, 55 Hz dan mencapai 60 Hz yaitu *after trial choke* dibuka sebesar 40%. Pergantian *choke* pada saat ini bisa saja berubah sesuai dengan kebutuhan dari pompa tersebut, *Choke* 40% merupakan data terakhir yang digunakan.

4.3.2 Hasil Downsizing Pompa ESP

Parameter	Sebelum Downsizing	Setelah Downsizing
BFPD (STB/day)	150	100
Jenis Pompa	Centurion P3	Cosco 400 Series
Motor (HP)	51	31
Pump Intake Pressure (psig)	390.679	348
Total Dynamic Head (psig)	2171	3770
Jumlah Stage	403	343
Frekuensi Operasi (Hz)	45	60
Efisiensi (%)	30	48
Jenis Kabel	1AL	2AL

Setelah dilakukan desain ulang didapatkan hasil laju alir optimum mengalami penurunan sebesar 50 STB/day. Namun, Terjadi kenaikan

efisiensi pompa sebesar 18% dari 30% menjadi 48%. Kemudian diketahui bahwa pump *intake pressure* yang diperoleh sebesar 348 psig yang mana masih diatas nilai *bubble point pressure* yaitu 300 psig.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang optimasi dan redesign ESP dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Diperoleh karakteristik fluida pada sumur GSR-11 ialah *Black Oil* dengan *bubble point pressure* sebesar 300 psig.
2. Diperoleh nilai laju alir optimum menggunakan metode *partial recycle line* untuk *initial condition* ialah sebesar 217.1 BFPD dan 128.1 BOPD, untuk *current condition before trial* sebesar 150.4 BFPD dan 105.3 BOPD, dan diperoleh laju alir optimum untuk *current condition after trial* 60 Hz sebesar 214 BFPD dan 150.4 BOPD.
3. Setelah dianalisa diketahui bahwa hasil dari kondisi *after trial partial recycle line* menghasilkan laju alir optimum yang sangat efisien dengan 214 BFPD dan 150.4 BOPD sehingga dapat dikatakan metode ini dapat diaplikasikan dengan baik pada sumur-sumur lain dengan problema yang sama yakni

keterbatasan VSD untuk memproduksi fluida.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Diharapkan adanya studi lebih lanjut mengenai Metode *Partial Recycle Line* sehingga dapat menjadi alternatif lain dalam penanganan pompa yang mengalami permasalahan yang sama yaitu *VSD Shortage*.
2. Jika tidak memungkinkan untuk mengimplementasikan Metode *Partial Recycle Line*, penulis menyarankan untuk dapat meredesain pump menjadi downsizing dengan tipe pompa COSCO 400 Series / 343 STG / 31 HP. Terjadi kenaikan efisiensi pompa sebesar 18% dari 30% menjadi 48%.

DAFTAR PUSTAKA

- Augusto, P. (n.d). "Artificial Lift. Department of Petroleum and Geosystems Engineering", University of Texas at Austin.
- Ahmed, Tarek. 2000. "Reservoir Engineering Handbook". Second Edition. Houston, Texas. Gulf Professional Publishing. (36-47) (66) (74-94).

- Amao, Matthew. 2014. "Electrical Submersible Pumping (ESP) Systems By Components and Operating Mechanism".
- COSCO. 2010. "Electric Submersible Pumps For Oil Field Applications", Product Catalogue.
- Kermit E brown. 1980. "The Technology of Artificial Lift Methods" (Volume 4). The University of Tulsa.
- Purwaka, E. 2015. "Electric Submersible Pump, Centrifugal Pump Operation and Maintenance". Bandung : PT.TOTALINDO PRATAMA
- Schlumberger. 2001. "REDA Production System Slide".
- Vogel, J.V , (1998) "*Inflow Performance Relationship fr Solution Gas Drive Well*" JPT 83; *Trans, Aimer*, 243.

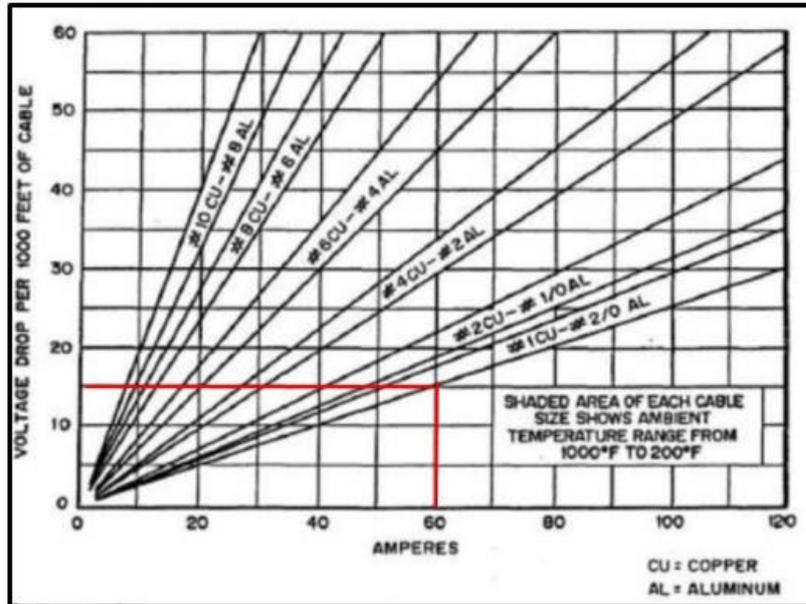
LAMPIRAN

Lampiran 1 Motor 60 Hz

540 SERIES (5,43" OD)		
HP	VOLTS	AMP
20	440	29
	755	17
30	435	45
	710	28
40	435	60
	660	40
	730	36
	880	30
50	450	72
	725	45
	905	34
60	425	91
	645	50
	870	45
	970	40
70	710	89
	1160	45
100	710	89
	835	76
	1070	60
	2170	29
120	855	88
	1030	73
	1295	59
	2165	33

(Sumber: Purwaka, E. 2015. "Electric Submersible Pump, Centrifugal Pump Operation and Maintenance")

Lampiran 2 Tabel Hilang Tegangan



(Sumber: Kermit E. Brown., 2015. “*The Technology of Artificial Lift Methods*” Vol.2b)

Lampiran 3 History Produksi Sumur GSR-11

