

**EVALUATION AND OPTIMIZATION OF ELECTRICAL
SUBMERSIBLE PUMPS THAT CONTAIN HIGH PI USING
VARIABLE SPEED DRIVE WITH A FREQUENCY ABOVE
60HZ ON WELL "X" IN FIELD "Y"
(EVALUASI DAN OPTIMISASI SUMUR ELECTRICAL SUBMERSIBLE
PUMP YANG MEMILIKI PI TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN
VARIABLE SPEED DRIVE DENGAN FREKUENSI DIATAS 60HZ PADA
SUMUR "X" LAPANGAN "Y")**

Richa Melysa^{1*}, Dike Fitriansyah Putra¹, Dedek Julianto¹, Dody Yulianto², Masli Irwan Rosli³

¹Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

²Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

³Department of Chemical & Process Engineering Faculty of Engineering and Built

*corresponding author : richamelysa@eng.uir.ac.id

ABSTRACT

A well that is in a constant state of production will cause reservoir pressure to fall, and the flow rate will go down as well, resulting in a decrease in the productivity of the well. For this reason, there is a need for energy that can help lift fluid up to the surface. In the primary method there are 2 stages of production, namely "natural flow" where oil is raised directly through the tubing surface, and "artificial lift" which is the method of obtaining oil by utilizing the aid of additional tools. In the oil industry there are various types of artificial lifts, one of which is an Electric Submersible Pump (ESP). An Electric Submersible Pump is an electric pump that is immersed into a liquid. This pump is made on the basis of a multilevel centrifugal pump where each level has an impeller and diffuser which aims to push the fluid to the surface. ESP planning is strongly influenced by the productivity of production wells. The rate of fluid production influences the selection of pump type and size. This is because each pump has its own production rate based on the type and size of each pump used. In the course of producing oil, there will certainly be a problem that will cause a decline in production; therefore, it is necessary to evaluate and redesign the ESP pump, in an effort to optimize the production potential of these wells. In this study an evaluation of the performance of the electrical submersible pump will be carried out along with a pump redesign to optimize production using AutographPC software on well X in field Y

Keywords: AutographPC, electric submersible pump, production rate

ABSTRAK

Kondisi suatu sumur jika diproduksi terus-menerus akan mengakibatkan tekanan reservoir turun, dan laju alir akan turun pula, akibatnya produktivitas sumur akan turun juga. Untuk itu perlu adanya tenaga yang dapat membantu mengangkat fluida sampai kepermukaan. Dalam metode primer terdapat 2 tahapan produksi yaitu natural flow dimana minyak terangkat kepermukaan langsung melalui tubing, dan artificial lift merupakan metode perolehan minyak dengan

menggunakan bantuan alat tambahan. Dalam dunia perminyakan ada berbagai macam jenis pengangkatan buatan salah satunya adalah electric submersible pump (ESP). Electric Submersible Pump merupakan pompa listrik yang ditenamkan ke dalam cairan. Pompa ini dibuat atas dasar pompa sentrifugal bertingkat banyak dimana setiap tingkat mempunyai impeller dan diffuser yang bertujuan untuk mendorong fluida ke permukaan. Perencanaan ESP sangat dipengaruhi oleh produktivitas sumur produksi. Laju produksi fluida berpengaruh terhadap pemilihan jenis dan ukuran pompa. Hal ini dikarenakan tiap-tiap pompa memiliki laju produksi sendiri berdasarkan jenis dan ukuran tiap-tiap pompa yang dipakai. Dalam kegiatan memproduksi minyak tentu suatu saat akan terjadi permasalahan yang mengakibatkan menurunnya produksi, Oleh karena itu perlu dilaksanakan evaluasi dan design ulang pompa ESP, sebagai upaya untuk mengoptimalkan potensi produksi sumur-sumur tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi kinerja electrical submersible pump dan melakukan desain ulang pompa untuk optimasi produksi dengan menggunakan software AutographPC pada sumur X lapangan y

Kata kunci: AutographPC, electric submersible pump, laju produksi

PENDAHULUAN

Dalam memproduksi minyak dari suatu sumur dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, dengan Metode Sembur Alam dan Metode Pengangkatan Buatan (*Artificial Lift*). Metode Pengangkatan Buatan (*Artificial lift*) digunakan apabila tekanan reservoir sudah tidak mampu lagi untuk memproduksi secara sembur alam. Salah satu metode pengangkatan buatan (*Artificial Lift*) adalah *Electric Submersible Pump (ESP)* (Jayanti et al, 2015).

Pemilihan ESP sebagai salah satu teknik pengangkatan buatan tentu saja berdasarkan pertimbangan teknis maupun ekonomis. ESP adalah pompa sentrifugal yang digerakkan oleh tenaga listrik yang terdiri dari beberapa stage (tingkatan), dimana setiap stage memiliki satu diffuser dan impeller yang dipasangkan pada suatu shaft. (Maulana, 2015)

Perencanaan ESP sangat dipengaruhi oleh produktivitas sumur dan sifat fluida yang dipengaruhi oleh

kelakuan reservoir dari sumur tersebut (tekanan reservoir, GOR, dan water cut). Laju produksi fluida berpengaruh terhadap pemilihan jenis dan ukuran pompa. Hal ini dikarenakan tiap-tiap pompa memiliki laju produksi sendiri berdasarkan jenis dan ukuran tiap-tiap pompa yang dipakai. Namun seiring berjalannya waktu, Memproduksi minyak pada lapangan tidak terlepas dengan adanya penurunan tekanan reservoir sehingga terjadinya penurunan rate produksi, penurunan working fluid level terhadap setting depth pompa, dan juga dapat menyebabkan adanya penurunan efisiensi volumetris pompa. (Wicaksana, 2011)

Pada penelitian ini, penulis akan mengevaluasi pompa terpasang dan mengoptimasi dengan analisa menggunakan Variable Speed Drive (VSD) dengan Speed Mode. Karena motor pompa submersible adalah sebuah induction motor, kecepatannya sangat proporsional dengan power supply listrik. Dengan mengatur

frekuensi Variable Speed Drive, dapat mengoperasikan lebih luas kisaran dari kapasitas, head dan efisiensi sehingga dapat menentukan harga laju produksi optimum yang diinginkan. Sehingga laju produksi yang diinginkan tetap dapat dicapai tanpa harus melakukan pengerjaan penggantian pompa yang memerlukan waktu pengerjaan yang lebih lama dan biaya yang lebih besar. Kemudian mengevaluasi peralatan pendukung, seperti: Protector, kebutuhan HP, volt dan ampere motor, pemilihan kabel listrik, KVA Transformer yang dibutuhkan dan Variable Speed Drive (VSD).

Data Sumur X Lapangan Y

Tabel 1 Data reservoir

Parameter	Nilai	Satuan
API	35	
SG Water	1.003	
SG Gas	0.833	
ProdGOR	35	
Bubble Point Pressure	105	Psi
BHT	180	F

Tabel 2. Data Sumur

Parameter	Nilai	Satuan
Kedalaman sumur	1835	Ft
Perforasi	1502	Ft
CasingID	6.366	Inch
Tubing Pressure	150	Psi

Tabel 3. Data produksi

Parameter	Nilai	Satuan
Laju Alir Fluida	2908	BPD
Laju Alir Minyak (Qo)	744,8	BOPD

Laju Alir Air (Qw)	2163,2	BWPD
Water Cut	74,39	%
Tubing ID	2.992	Inch
Wellhead Pressure	103	Psi
SFL	772	Ft
WFL	972	Ft

Tabel 4. Data Pompa

Parameter	Nilai	Satuan
Tipe Pompa	P23SND	
Frekuensi	60	Hz
Stages	38	Stages
Range capacity	1200 - 2900	BPD
Pump Setting Depth	1470	Ft
Series Motor	562SP 75 HP	
Model	1030 Volt 45 Ampere	
Series Seal	513	
Type Cable	#AWG1	
Transformer	100	KVA
VSD	163	KVA

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi penggunaan pompa ESP yang saat ini terpasang pada sumur kajian, Sehingga dapat diketahui apakah kapasitas pompa yang terpasang sudah sesuai dengan laju alir yang dihasilkan dan produktifitas formasi sumur tersebut.
2. Melakukan optimasi dengan menggunakan Variable Speed Drive (VSD) dengan frekuensi diatas 60 Hz sebagai alternative untuk meningkatkan

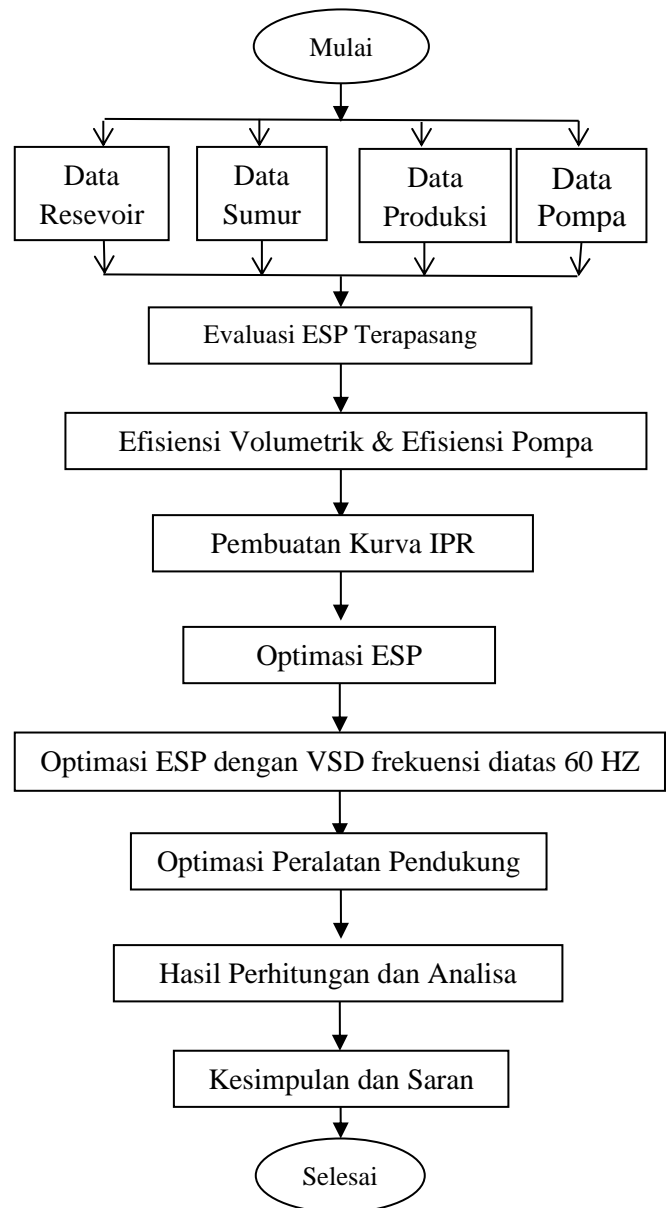
- performance sumur tanpa harus melakukan penggantian pompa.
- Melakukan perbandingan hasil desain ESP antara *software AutographPC* dan perhitungan manual yang dilakukan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur yang berhubungan dengan perhitungan *Electric Submersible pump* terpasang dan melakukan observasi lapangan sehingga didapatkan data primer serta data sekunder. Kemudian dilakukan analisa pengaruh perubahan frekuensi motor menggunakan simulasi dengan *simulator AutographPC* yang kemudian kami bandingkan dengan perhitungan manual menggunakan rumus yang sesuai. Dari hasil tersebut maka dapat ditentukan *frekuensi* maksimum untuk pompa ESP terpasang sehingga mendapatkan rate maksimum yang diinginkan.

Flow Chart

Tahapan penelitian dapat ditampilkan dalam bentuk *flow chart* pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Flow chart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Kinerja dan Evaluasi ESP Terpasang

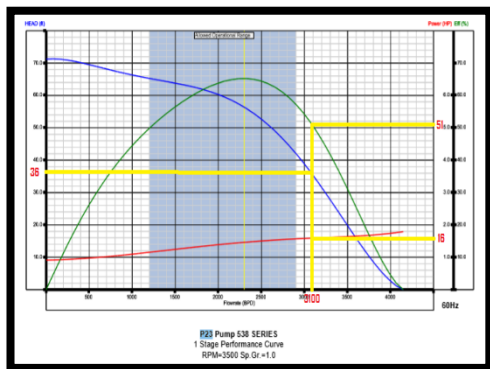
Hasil dan pembahasan untuk menghitung kinerja pompa ESP terpasang pada sumur X lapangan Y yang menggunakan pompa seri P23SND dengan frekuensi motor di

60 HZ dan 38 Stages adalah sebagai berikut pada tabel 5 :

Tabel 5 Spesifikasi pompa

Pompa	
Terpasang	P23SND
Frekuensi	60 Hz
Jumlah Stages	38 stages
Total Dynamic Head	1370,359 Ft
Head	
Head / stages	36 ft/stages

Setelah di dapat nilai head/stages pompa terpasang kemudian dilakukan evaluasi kinerja pompa dengan menggunakan grafik pump performance curve untuk pompa P23SND sebagai berikut :



Gambar 2. Performa pompa P23SND

Dari gambar diatas, dengan memplotkan nilai Head/ stages yaitu 36 ft di dapat data sebagai berikut :

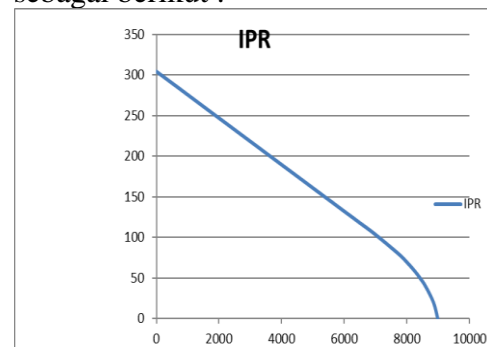
- Qactual = 2908 BFPD
- Qteori = 3100 BFPD
- Effisiensi pompa = 51 %
- Effisiensi volumeris = 93,8 %

Penentuan Produktifitas Formasi

Sebelum melakukan perubahan frekuensi pompa menggunakan Variable Speed Drive pada pompa ESP, terlebih dahulu menentukan

produktifitas formasi yang dapat di sajikan dalam bentuk kurva IPR.

Sesuai dengan data yang tersedia, bahwa tekanan static lebih besar dari tekanan jenuh atau ($P_s > P_b$) dan $P_{wf} > P_b$) maka pembuatan kurva IPR dilakukan dengan metode 1 fasa dan 2 fasa. Maka didapati kurva IPR sebagai berikut :



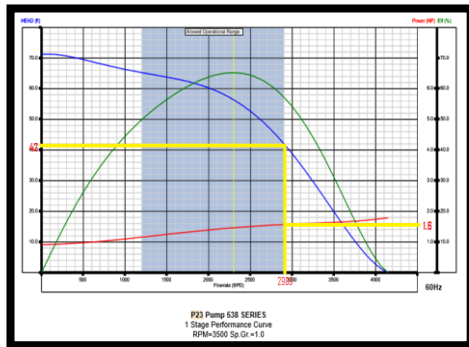
Gambar 3. Kurva IPR

Optimasi ESP menggunakan Variasi Frekuensi secara hitungan manual

Pengoptimasian pompa ESP berikut dilakukan pada pompa terpasang pada sumur "X" yaitu pompa series P23SND dengan merubah frekuensi putaran pompa hingga diatas 60 Hz dengan menggunakan VSD.

1. Penentuan head dan motor load

Penentuan Head dan Motor Load pada pompa P23 menggunakan Pump Performance Curve pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Head and motor load dengan memplot laju produksi actual ($Q_t = 2908$ BFPD) di dapat data sebagai berikut :

- Head = 42 ft/stages Head total = $42 \times 38 = 1596$ ft
- Motor Load = 1.6 HP/stages
- Motor Load total = $1,6 \times 38 = 60,8$ HP

2. Penentuan Rate, Head, dan Motor Load dengan Frekuensi Baru

Dengan merubah frekuensi pada VSD maka flowrate, Head, dan Motor Load juga akan berubah, besarnya perubahan flowrate, Head, dan Motor Load dapat di ketahui menggunakan persamaan affinity Law.

Pada Pompa P23SND di sumur "X" memiliki frekuensi 60 Hz dengan Flowrate 2908 BFPD, Head 1596 ft, dan Motor Load 60,8 HP. Contoh pertama dengan menaikkan Frekuensi menjadi 63 Hz, Maka :

- Rate 63 Hz = $(63 \text{ Hz}) / (60 \text{ Hz}) \times 2908 \text{ BFPD} = 3053,4 \text{ BFPD}$
- Head 63 Hz = $(63/60)^2 \times 1596 \text{ ft} = 1759,59 \text{ ft}$
- Motor Load 63 Hz = $(63/60)^3 \times 60,8 \text{ HP} = 70,384 \text{ HP}$

Berikut tabel 6 Rate, Head, dan motor load, untuk setiap perubahan Frekuensi.

Tabel 6. Rate, head and motor load

Frekuensi (Hz)	Rate (BPD)	Head (ft)	Motor Load (HP)	Rate Oil
60	2908	1596	60.8	744.7 388
61	2956.	1649.	63.8	757.1
62	3004.	1704.	67.0	769.5
63	3053.	1759.	70.3	781.9
64	3101.	1815.	73.7	794.3
65	3150.	1873.	77.3	806.8
66	3198.	1931.	80.9	819.2
67	3247.	1990.	84.6	831.6
68	3295.	2049.	88.5	844.0
69	3344.	2110.	92.4	856.4
70	3392.	2172.	96.5	868.8
	667	333	48	619

3. Evaluasi Ukuran Komponen @63 Hz

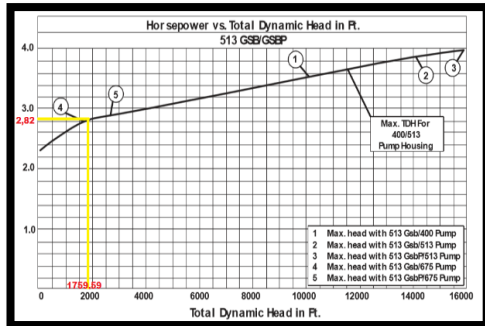
a. Pump Setting Depth (PSD)

Dalam optimasi menggunakan metode frekuensi up menggunakan VSD, Pump Setting Dept tidak dilakukan perubahan, tetap seperti PSD keadaan awal yaitu 1470 ft.

b. Protector (Seal Section)

Protector yang dipilih saat ini adalah protector Series 513. Pada protector ini membutuhkan HP sebesar 2.82 HP berdasarkan Kurva HP versus TDH 1759,59 ft

@63 Hz yang dapat dilihat pada gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Horsepower vs total dynamic head

Jadi total HP yang dibutuhkan :
 Total HP = Motor Load (@63 Hz) + Seal Section HP
 = 70,384 + 2,82
 = 73,204 HP

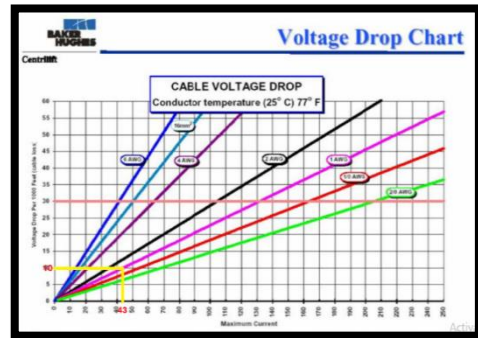
c. Jenis Motor

Jenis Motor yang terpasang adalah Series 562SP_ 75 HP 1030 Volt 45 Ampere, sehingga ampere total yang dibutuhkan :

Ampere @ 73,204 = (HP total) / (HP motor) x ampere motor
 = (73.204 HP) / (75 HP) x 45 ampere
 = 43,92 ampere

d. Kabel Listrik

Pemilihan ukuran kabel berdasarkan kemampuan dari arus pembawanya. Pilih ukuran kabel dengan voltage drop kurang dari 30 volt per 1000 ft. dalam kasus ini kabel yang di pilih pada pompa esp adalah kabel #1 AWG. Motor ampere sebesar 43,92 ampere di plot pada grafik voltage drop pada Gambar 6, maka di dapat voltage drop @180°f sebesar 10,135 volt/1000 ft.



Gambar 6. Voltage chart

Correction factor pada temperature 180 °f ditunjukkan pada tabel 7 dibawah ini setelah dilakukan interpolasi didapat hasil sebesar 1,2189.

Tabel 7. Conductor voltage loss

CONDUCTOR VOLTAGE LOSS TABLE								
Temperature Correction Factor @ 25° C (77° F)								
Temp °F	Temp °C	Mult. Factor	Temp °F	Temp °C	Mult. Factor	Temp °F	Temp °C	Mult. Factor
50	10	0.94	221	105	1.31	392	200	1.67
59	15	0.96	230	110	1.33	401	205	1.69
68	20	0.98	239	115	1.35	410	210	1.71
77	25	1.00	248	120	1.37	419	215	1.73
86	30	1.02	257	125	1.39	428	220	1.75
95	35	1.04	266	130	1.40	437	225	1.77
104	40	1.06	275	135	1.42	446	230	1.79
113	45	1.08	284	140	1.44	455	235	1.81
122	50	1.10	293	145	1.46	464	240	1.83
131	55	1.12	302	150	1.48	473	245	1.85
140	60	1.13	311	155	1.50	482	250	1.87
149	65	1.15	320	160	1.52	491	255	1.89
158	70	1.17	329	165	1.54	500	260	1.91
167	75	1.19	338	170	1.56	509	265	1.92
176	80	1.21	347	175	1.58	518	270	1.94
185	85	1.23	356	180	1.60	527	275	1.96
194	90	1.25	365	185	1.62	536	280	1.98
203	95	1.27	374	190	1.64	545	285	2.00
212	100	1.29	383	195	1.65	554	290	2.02

Voltage Drop dapat di hitung sebagai berikut:

Panjang kabel yang di butuhkan
 = PSD + 100 ft
 = 1470 + 100 ft
 = 1570 ft

Volt drop = (volt.drop @ 180°f x Panjang Kabel x corr.factor)/1000
 = (10,135 x 1570 x 1,2189)/1000
 = 19,5 volt

e. Transformier dan Variable Speed Drive

Dalam mengevaluasi transformier, harus dihitng surface voltage dan total KVA terlebih dahulu.

- Surface Voltage = Motor Voltage
 $\times ((\text{Frekuensi Baru}) / (60 \text{ Hz})) + \text{Voltage Drop}$
 $= 1030 \text{ volt} \times (63 \text{ Hz}) / (60 \text{ Hz}) + 19,5$
 $= 1101 \text{ volt}$
- KVA = (Surface Voltage x
 Motor ampere x 1,73) / 1000
 $= (1101 \times 45 \times 1,73) / 1000$
 $= 85,71 \text{ KVA}$

Sedangkan Transformer yang terpasang adalah transformer dengan kapasitas 100 KVA, kapasitas transformer ini masih lebih besar dari KVA total yang dibutuhkan yaitu 85,68 KVA sehingga masih dapat di gunakan.

Sementara itu VSD yang terpasang adalah VSD dengan kapasitas 163 KVA, kapasitas VSD ini masih lebih besar dari KVA total yang dibutuhkan yaitu 85,68 KVA sehingga masih dapat di gunakan.

Berikut dapat di sajikan pada lampiran1 tabel sensitifitas anaitis menggunakan perhitungan manual dengan rumus yang sesuai untuk setiap perubahan frekuensi pompa.

Optimasi menggunakan software AutographPC

Proses design ESP menggunakan software autographPC dilakukan dengan memasukan data well, pump, motor, seal, cable, dan controller. Sesuai dengan data yang kita miliki pada sumur X, kemudian dalam melakukan optimasi dengan menggunakan metode frekuensi up dalam AutographPC terdapat tool yang dapat digunakan untuk menampilkan perhitungan sensitivity analitis sumur.

Sensitivity analitis hasil perhitungan software autographPC ditampilkan dalam Tabel pada Lampiran 2

Perbandingan hasil optimasi menggunakan hitungan manual dan Software AutographPC dengan hasil real data lapangan.

Dari data sensitivity analitis kedua metode terdapat perbedaan nilai sebagai contohnya pada 63 Hz menggunakan perhitungan manual laju alir fluida menunjukkan nilai 3053,4 BPD dan menggunakan software autographPC laju alir fluida menunjukkan nilai 3135 BPD, kami juga sajikan perbandingan sensitifity analitis kedua metode dalam bentuk grafik yang dapat dilihat di Lampiran 3.

Sebagai pembuktian metode yang paling mendekati dalam perkiraan keadaan sumur setelah peningkatan frekuensi maka dilakukan frekuensi up pada sumur X ke frekuensi 63 Hz dan kemudian laju alir fluida yang didapat adalah sebesar 3139,92 BPD.

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil sensitivity analitis yang paling mendekati dengan keadaan actual adalah sensitivity analitis menggunakan software autographPC

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Evaluasi pompa ESP dilakukan dengan menggunakan data pump performance curve untuk pompa P23 kemudian memplotkan nilai head/stages sehingga didapat $Q_{teori} = 3100 \text{ BFPD}$ dengan $Q_{actual} = 2908 \text{ BFPD}$, Effisiensi pompa = 50 %, dan Effisiensi Volumetris = 93,8 % dari data

ini diketahui bahwa pompa dalam Upthrust kondisi.

2. Optimasi pompa ESP dilakukan dengan menggunakan Variable Speed Drive (VSD) pada frekuensi awal 60 Hz dengan laju produksi 2908 BFPD. Kemudian frekuensi dinaikan menjadi 63 Hz, pada perhitungan manual laju produksi yang didapat adalah 3035,4 BFPD sedangkan pada perhitungan software AutographPC laju produksi yang didapat adalah 3151 BFPD.
3. Setelah dilakukan optimasi menggunakan VSD dengan menaikkan frekuensi ke 63 Hz maka didapatkan hasil dengan menggunakan perhitungan manual yaitu 3035,4 BFPD dan 3153 BFPD menggunakan perhitungan AutographPC sementara itu setelah diaplikasikan ke sumur kajian menghasilkan laju alir fluida sebesar 3139,92 BFPD. Dapat ditarik kesimpulan bahwa metode paling mendekati dengan keadaan pegaplikasian dilapangan adalah dengan menggunakan perhitungan software AutographPC

Saran

Kepada peneliti berikutnya, saran yang penulis dapat berikan adalah ;

1. Pada saat melakukan optimasi pada pompa ESP agar dapat menghitung besaran pengaruh peningkatan rate dengan peningkatan watercut yang

kemudian berhubungan dengan usia sumur dapat diproduksi

2. Diharapkan setiap design awal pompa ESP sebaiknya selalu menggunakan alat downhole sensor, agar dapat lebih akurat dalam mendapatkan data yang di perlukan kemudian.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, KE. 1980. The Technology of Artificial Lift Methods. Volume 1. The University of Tulsa, Petroleum Publishing Co. Tulsa
- Jayanti, P.D., Sudibyoy, R. dan Sulustiyanto, D. 2015. Evaluasi dan Optimasi Pompa Electric submersible Pump (ESP) Pada Sumur Sumur Di Lapangan X. Seminar Nasional Cendekiawan.
- Marpaung, C.A. 2015. Optimasi Penggunaan Electric submersible pump pada Sumur RN dan NM di Lapangan Y Seminar Nasional Cendekiawan.
- Maulana, R. 2015. Evaluasi, Optimasi, dan Keekonomian Electric Submersible Pump (ESP) untuk Sumur RA dan DR di Lapangan Z PERTAMINA HULU ENERGI OFFSHORE NORTH WEST JAVA. Seminar Cendekiawan.
- Wicaksana, S. 2011. Evaluasi dan Perencanaan Ulang Electric Submersible Pump (ESP) pada Sumur "X" Lapangan "Y". Yogyakarta.

Lampiran 1 Tabel Sensitivity Hitungan Manual

Freq (Hz)	Flow (BPD)	TDH (ft)	BHP (HP)	Mshp 60 (HP)	Mtr Load (%)	MtrV (V)	MtrA (A)	Surf KVA (KVA)	SurfV (V)	Coil (BPD)
60	2908	1596	60.8	63.5611	84.748	1030	38.137	80.871	1038.801	744.7388
61	2956.467	1649.643	63.891	66.6676	88.89	1047.17	40.001	82.241	1056.398	757.1511
62	3004.933	1704.173	67.085	69.8773	93.17	1064.33	41.926	83.612	1074.009	769.5634
63	3053.4	1759.59	70.384	73.204	97.605	1081.5	43.922	85.713	1101.008	781.9757
64	3101.867	1815.893	73.789	76.6104	102.15	1098.67	45.966	87.121	1119.082	794.3881
65	3150.333	1873.083	77.302	80.1283	106.84	1115.83	48.077	88.53	1137.187	806.8004
66	3198.8	1931.16	80.925	83.7563	111.68	1133	50.254	89.942	1155.32	819.2127
67	3247.267	1990.123	84.659	87.4953	116.66	1150.17	52.497	91.356	1173.483	831.625
68	3295.733	2049.973	88.507	91.3485	121.8	1167.33	54.809	92.772	1191.677	844.0373
69	3344.2	2110.71	92.469	95.3157	127.09	1184.5	57.189	94.191	1209.901	856.4496
70	3392.667	2172.333	96.548	99.4	132.53	1201.67	59.64	95.612	1228.156	868.8619

Lampiran 2 Table Sensitivity Analisis Software AutographPC

Freq (Hz)	Flow (BPD)	TDH (ft)	Mshp60 (HP)	Mtr Load (%)	MtrV (V)	MtrA (A)	Surf KVA (KVA)	SurfV (V)	Qoil (BPD)
60	2908	1387	56	74.67	961.5	35.84	60.67	977.4	744.7
61	2984	1389	57.84	77.12	984.8	36.74	63.71	1001	764.3
62	3060	1390	59.69	79.59	1008	37.65	66.85	1025	783.6
63	3135	1390	61.56	82.08	1032	38.57	70.09	1049	802.8
64	3209	1390	63.45	84.6	1056	39.49	73.42	1073	821.8
65	3283	1390	65.35	87.13	1080	40.41	76.84	1098	840.7

Lampiran 3 Grafik Perbandingan Sensitivity analisis Hitungan manual dan AutographPC