

EVALUASI DAN OPTIMASI POMPA ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP) PADA SUMUR-SUMUR DI LAPANGAN X

Putri Dwi Jayanti, Rachmat Sudiby, Djoko Sulustiyanto

Abstrak

Setiap sumur produksi yang akan diproduksi diharapkan fluida akan mengalir ke permukaan secara alami. Proses ini akan berlangsung sampai pada satu titik dimana tekanan reservoir akan berkurang dengan berjalannya waktu, sehingga kemampuan sumur produksi untuk mengangkat fluida ke permukaan akan berkurang atau berhenti sama sekali. Oleh karena itu dibutuhkan metode pengangkatan buatan dimana salah satunya dengan menggunakan pompa ESP. Berdasarkan pengamatan data teknik sumur BN-23, BN-35 dan BN-104 sangat cocok untuk diterapkan untuk optimasi produksi. Berdasarkan hasil perhitungan kurva IPR dengan menggunakan metoda Vogel, laju produksi maksimum (Q_{maks}) yang dicapai sumur BN-23, BN-35 dan BN-104 adalah masing-masing sebesar 1661 BFPD, 6446.7 BFPD, dan 1001 BFPD. Selanjutnya melalui pendekatan dengan persamaan empiris didapatkan laju produksi optimum (Q_o) sumur BN-23, BN-35 dan BN-104 adalah masing-masing sebesar 176 BBD, 193 BBD, 193 BBD dengan water cut masing-masing 91.2 %, 94.2% dan 84% maka dihasilkan minyak sebesar 1998 BOPD, 3333 BOPD dan 1209 BOPD. Untuk mencapai laju produksi optimal sumur produksi tersebut maka disarankan pada sumur BN-23 untuk menggunakan jenis pompa ESP REDA Type IND 2000 stage sebesar 119 dan range capacity 1300-2600 bfpd, Sumur BN-35 untuk menggunakan jenis pompa ESP REDA Type ING 5200 stage sebesar 119 dan range capacity 2000-3600 bfpd, dan Sumur BN-104 untuk menggunakan jenis pompa ESP REDA Type IND 1300 stage sebesar 119 dan range capacity 600-1250 bfpd.

Kata kunci: ESP, kurva IPR, stage, range capacity, water cut

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 adalah Electric Submersible Pump (ESP). Pemilihan ESP sebagai salah satu teknik pengangkatan buatan tentu saja berdasarkan pertimbangan teknis maupun ekonomis. ESP merupakan pompa sentrifugal bertingkat banyak, dengan tiap tingkat terdiri dari Impeller dan Diffuser. 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. Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah melakukan perhitungan evaluasi volumetric kinerja ESP setelah itu memberikan saran mengenai pengoptimalan penggunaan pompa ESP. kapasitas dan jenis pompa yang dipakai harus disesuaikan dengan kemampuan sumur untuk berproduksi, sehingga kerja pompa tersebut optimum.

Problem Statement

Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi kerja pompa ESP dengan cara elvaluasi kinerja ESP dengan cara volumetric setelah itu melakukan pengoptimasian ESP dengan dua cara yaitu tidak merubah jenis ESP yang terpasng tetapi mengganti dengan pompa baru dan merubah tipe ESP yang terpasang.

Teori Dasar

Unit Electrical Submersible Pump terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu : peralatan dibawah permukaan (Down Hole Equipment ESP) dan peralatan diatas permukaan (Surface Hole Equipment ESP) Electric Submersible Pump Unit yang berada dibawah permukaan, didefinisikan sebagai suatu kesatuan peralatan yang digantungkan di ujung tubing produksi dan dibenamkan kedalam fluida dalam sumur. Motor listrik dipasang pada bagian paling bawah kemudian diatasnya dipasang protector. Selanjutnya pompa dan gas separator sebagai tempat masuknya fluida kedalam pompa pada rangkaian ESP yang dipasang pada bagian atas. Motor listrik dihubungkan ke switchboard oleh kabel listrik yang diletakkan (dijepit) sepanjang tubing. Fungsi motor listrik ini adalah untuk menggerakkan pompa dengan jalan merubah energi listrik yang dikirim ke motor melalui kabel untuk menjadi energi mekanik (energi putar). Energi ini nantinya akan menggerakkan pompa melalui shaft yang terdapat pada setiap unit dan antara shaft dengan shaft yang lainnya dihubungkan dengan coupling. Pada dasarnya motor listrik terdiri dari 2 bagian besar yaitu stator yang tidak berputar dan rotor yang berputar. Stator Pada motor, stator terbuat dari lapisan besi dan kuningan yang ditekan ke bagian bawah, lapisan ini digunakan karena lebih mudah di magnetisasi dibandingkan dengan besi pejal. Lapisan ini mengandung (3 - 4) % silicon untuk menambah sifat magnet dari besi dan dapat juga lapisan oksida yang berfungsi untuk memisahkan dengan lapisan kuningan. Lapisan kuningan digunakan pada bagian yang terdapat bantalan untuk memegang rotor. Pada stator terdapat 16 slot dan setiap slot di isolasi dengan teflon yang mempunyai sifat dielectric yang tinggi, stator kemudian dililit dengan lapisan kapton dan kawat tembaga yang kemudian dilapisi dengan vernish untuk menutupi daerah kosong yang terdapat pada slot. Rotor. Rotor yang digunakan sangat panjang sehingga membutuhkan penahan pada beberapa tempat, untuk itu rotor, harus dibagi berapa bagian dengan penahan diantara rotor dan stator. Penahan dilengkapi dengan bantalan sehingga memungkinkan rotor dan poros bergerak bebas, bantalan itu terletak pada bagian rotor sedangkan lilitan pada bagian stator tidak terputus sehingga perlu membuat daerah yang tidak terdapat medan magnet sebagai tempat bantalan, untuk itu digunakan lapisan stator yang nonmagnet (kuningan) disekitar daerah bantalan pada stator. Semakin banyak rotor yang terdapat didalam motor maka daya yang diperlukan motor semakin besar. Fungsi utama dari Protector adalah sebagai pelindung motor listrik dengan cara :

Memberikan ruangan untuk pengembangan/penyusutan minyak pelumas.

Mencegah fluida masuk kerumah motor.

Menyimpan minyak motor dan minyak pelumas.

Memberikan keseimbangan tekanan dalam motor dengan tekanan luar, yaitu : tekanan fluida sumur pada kedalaman tertentu. Selain fungsi diatas, Protector mempunyai tugas pokok lainnya, yaitu menyeimbangkan tekanan dalam motor dengan tekanan dalam annulus, yang mengakomodasi pengembangan fluida (liquid) motor karena naiknya temperatur, serta menyambungkan motor dengan intake pompa.

Ada dua jenis Protector, yaitu : Labyrinth Path Positive Seal (Bag Type Protector) Labyrinth Path Protector ini mempunyai dua ruang (atas dan bawah) yang dihubungkan dengan beberapa pipa. Cara kerja dari jenis ini didasarkan pada perbedaan jenis fluida sumur dengan fluida motor. Setelah protector dipasang diantara motor dan intake, protector harus terisi minyak motor sebelum dimasukkan kedalam sumur. Ketika unit pompa dimasukkan kedalam sumur, maka fluida motor dan protector akan keluar menuju annulus melalui lubang didasar intake dan setelah motor dijalankan, maka temperatur motor dan protector akan meningkat sehingga akan mengakibatkan fluida motor berekspansi dan semakin banyak fluida yang keluar dari protector ke sumur.

B. Positive Seal (Bag Type Protector)

Design protector type labyrinth tidak menggunakan positive seal sehingga pada operasi normal fluida sumur dapat bercampur dalam ruangan bagian atas dari protector. Untuk menghindari hal tersebut digunakan positive seal sehingga dapat mencegah bercampurnya fluida motor dengan fluida di sumur. Pada saat protector dan motor dimasukkan kedalam sumur maka temperatur akan naik dan oli akan mengembang dan mengalir dari motor melewati bantalan luncur menuju tabung dan naik disepanjang poros, dan mendesak bagian dalam tubing elastis dan mengisinya. Oli yang berlebihan akan keluar melalui relief valve yang terletak diatas protector, relief valve ini diatur dan bekerja pada tekanan 3 sampai 5 psi. Dalam beberapa hal, kemungkinan untuk memasang protector lebih dari satu didalam sumur atau sering disebut dengan Tandem Protector. Hal ini dimaksudkan untuk mencoba menambah panjang umur dari unit motor. Gas separator Alat ini merupakan bagian dari pompa yang berfungsi untuk masuknya fluida kedalam pompa sebagai pemisah gas dengan fluida. Gas yang terproduksi bersama dengan fluida akan berpengaruh buruk terhadap pompa, yang dapat berakibat matinya pompa. Beberapa sumur memproduksi gas yang cukup besar juga dapat menyebabkan pompa berputar sendiri, yang akhirnya akan menyebabkan berkurangnya efisiensi pompa. Volume gas bebas dapat dikurangi dengan penurunan PSD (Pump Setting Depth) untuk menambah tekanan di intake atau dengan memasang gas separator Pompa (Pump)

Pompa pada rangkaian Electrical Submersible Pump dibuat dengan stage bertingkat, dan setiap stage terdiri dari satu impeller yang dikunci dengan shaft yang merupakan bagian yang berputar. Pompa berfungsi untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Kemudian setiap stage juga terdiri dari diffuser yang merupakan bagian yang tidak berputar dan berfungsi untuk mengarahkan fluida ke stage berikutnya. Stage adalah merupakan paduan dari satu impeller dan satu diffuser yang dirangkai menjadi satu. Sedangkan untuk rangkaian dari beberapa stage disebut stand stage. Secara umum pompa pada ESP terdiri beberapa bagian :

Impeller Impeller merupakan komponen dari pompa yang berputar bersama-sama dengan poros yang dikunci dengan spline memanjang sepanjang poros, impeller berfungsi untuk memberikan gaya sentrifugal yang menyebabkan fluida bergerak menjauhi poros yang berputar, sehingga fluida naik dari sumur minyak ke permukaan. Diffuser Diffuser merupakan komponen dari pompa yang dijepit pada housing dan dijaga agar tidak bergerak. Didalam diffuser terdapat sudu-sudu pengarah aliran fluida dari stage yang lebih rendah ke stage yang lebih tinggi. Adapun fungsi diffuser adalah membalikkan arah fluida dan mengarahkan kembali ke poros dan ke bagian tengah dari Impeller diatasnya. Selain hal tersebut diatas, Impeller juga digunakan untuk mengubah energi putaran (shaft torque) ke energi kinetik (velocity), sedangkan diffuser kegunaannya adalah untuk mengubah energi kinetik menjadi energi potensial (tekanan). Diffuser dan impeller umumnya dibuat dari material jenis Ni-Resist. Dalam pemasangan dilapangan bisa menggunakan lebih dari satu pompa, bisa dua atau tiga, pemasangan ini disebut tandem. Alasan pemasangan tandem adalah untuk memenuhi jumlah stage pompa dan untuk mendapatkan kapasitas head yang dibutuhkan untuk menaikkan fluida sumur ke permukaan. Besarnya operating vane pada impeller sangat menentukan kapasitas rata-rata fluida yang diproduksinya. Pompa pada ESP (Electrical Submersible Pump) terbagi dalam 2 (dua) tipe, yaitu Floater Type (bergerak bebas terhadap shaft) dan compression Type (terkunci pada shaft). Pada tipe floater, impeller bergerak bebas keatas dan kebawah tidak tergantung pada pergerakan shaft. Didalam operasi masing-masing impeller bebas bergerak tidak tergantung satu sama lain, dimana idealnya adalah mengambang antara kondisi up-thrust dan down-thrust. Pada setiap impeller dipasang kondisi up-thrust washer dan down-thrust washer yang berfungsi mencegah terjadinya kerusakan dini bila terjadi beberapa atau seluruh impeller beroperasi diluar daerah yang direkomendasikan. Kapasitas thrust bearing protector menentukan jumlah stage yang dapat dipasang pada pompa diatasnya karena Head-feet (dalam Psi) yang

dihasilkan pompa dikali luas penampang shaft adalah gaya tekan yang harus dibatasi oleh thrust bearing pada protector. Pada tipe pompa compression ini, semua impeller terkunci pada shaft dan tidak diizinkan untuk bergerak bebas keatas atau kebawah. Berat dari shaft impeller (dan kemudian didalam operasi bertambah dengan gaya tekanan kebawah) ditanggung oleh thrust bearing protector. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk mengisi "gap" yang terdapat diantara shaft pompa (intake) dengan shaft protector dengan shim, agar seluruh thrust dari pompa dibebankan kepada thrust bearing pada protector dan dalam beberapa kedalaman juga untuk mengangkai impeller agar tidak bergesekan dengan diffuser. Yang termasuk kedalam peralatan Electrical Submersible Pump unit yang berada dipermukaan antara lain : Switchboard, Transformer, Junction Box dan Wellhead. Switchboard adalah sebuah alat yang dikendalikan dan mengontrol operasi peralatan pompa yang ada dibawah permukaan. Alat ini merupakan kombinasi dari motor starter, alat pencatat tegangan, alat penstabil tegangan arus listrik selama pompa masih dalam kondisi beroperasi. Switchboard yang diproduksi terdiri dari bermacam-macam jenis dan ukuran, mulai dari yang bertegangan 440 volt, sampai dengan 4800 volt. Untuk pemakaian switchboard ini kita harus memperhitungkan beberapa faktor, yaitu besarnya HP voltage dan ampere dari motor. Transformer merupakan suatu alat listrik untuk mengubah voltase dari satu harga ke harga lainnya. Sebuah Transformer step-up menerima suatu besarnya voltase pada koil primernya dan mengubahnya menjadi besaran voltase yang lebih besar yang dapat diperoleh pada koil sekunder. Sedangkan pada step-down transformer akan bekerja sebaliknya. Dengan demikian, fungsi dari transformer adalah untuk merubah tegangan yang berasal dari jala-jala listrik menjadi tenaga yang disesuaikan dengan tenaga yang dibutuhkan oleh motor listrik. Junction Box berfungsi sebagai tempat pelepasan gas agar tidak merambat naik melalui kabel kedalam switchboard. Gas yang keluar dari sumur kemungkinan besar akan mengalir melalui armor kabel dan terus menuju switchboard. Untuk mencegah hal tersebut dibuat Junction Box. Disini kabel dari ESP motor akan disambung dengan kabel yang datang dari switchboard dan gas yang mengalir dari sumur akan lepas pada sambungan tersebut, karena armor kabel telah dibuka pada bagian penyambungan. Junction Box dipasang antara Wellhead dengan switchboard dengan jarak minimum yang diizinkan yaitu 15 feet dari wellhead dan 35 feet dari switchboard, dan dipasang kira-kira 2 s/d 3 feet diatas permukaan tanah. Tubing Head digunakan untuk menggantungkan tubing string pada casing head. Tubing head mempunyai packing element (karet yang mempunyai lubang-lubang tempat ESP cable) yang berfungsi menjaga agar fluida tidak keluar dari casing, dan agar tidak terjadi kebocoran (flowing).

Kesimpulan & Saran

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, maka didapat beberapa kesimpulan diantaranya:

Dalam pengevaluasian sumur-sumur kajian efisiensi volumetrisnya (EV) merupakan indikasi kelayakan kapasitas pompa terhadap hasil produksi sumur tertentu dimana biasanya mengalami penurunan efisiensi yang bervariasi. Keadaan ini dapat terjadi karena faktor mekanis dan faktor problem produksi.

Dari hasil perhitungan efisiensi dapat diketahui bahwa Sumur BN-23 efisiensi volumetris pompa sebesar 70 %, Sumur BN-35 efisiensi pompa sebesar 91 %, dan Sumur BN-104 efisiensi pompa sebesar 42 %.

Didapatkan hasil bahwa efisiensi paling rendah terjadi pada sumur BN-104 yaitu efisiensi volumetris sebesar 42 %. Pompa pada sumur ini memiliki efisiensi yang rendah dikarenakan pompa yang terpasang adalah pompa lama yang memiliki penurunan efisiensi yang tinggi sehingga menyebabkan terjadinya penekanan kebawah (down-thrust) pada laju rendah. Maka pada BN-104 dilakukan optimasi agar pompa bekerja pada daerah dekat efisiensi maksimal untuk antara lain untuk mengurangi kerusakan pada bearing

pompa akibat up-thrust ataupun down-thrust. Menghitung optimasi dengan cara merubah pump setting depth, stages, dan type pompa. Dengan dilakukannya perencanaan ulang terhadap pompa (ESP) pada masing - masing sumur kajian, berdasarkan kurva IPR maka direkomendasikan untuk Sumur BN-23 diganti dengan pompa ESP-IND 2000 119 stage, Sumur BN-35 diganti dengan pompa ESP-IND 5200 119 stage, dan sumur BN-104 diganti dengan pompa ESP-IND 1300 119 stage.

Daftar Simbol

PI	= Index Produktivitas, BPD/psi
Q	= Laju alir fluida produksi, BPD
Ps	= Tekanan Statik, Psi
Pwf	= Tekanan alir dasar sumur, psi
Qmaks	= Laju alir fluida produksi, BFPD
h	= froction loss, ft
f	= Friction factor
L	= Panjang pipa, ft
v	= Kecepatan aliran rata-rata dalam pipa, ft/s ²
d	= Diameter pipa, inchi
g	= Percepatan gravitasi
hf	= Friction loss, psi per 1000 ft
C	=Konstanta dari bahan yang digunakan dalam pembuatan pipa
ID	= Diameter dalam pipa, inchi
Gf	= Gradient fluida, psi/ft.
Qsc	= Laju produksi pada kondisi standar, BPD.
Psc	= Densitas fluida pada kondisi standar, cp.
HP	= Horse power, Hp
SG_f	= Spesifik Gradient fluida campuran.
SFL	= Static Fluid Level, ft
Dmid perf	= Kedalaman perforasi, ft
WFL	= Working Fluid Level, ft
H_s	= Suction head, ft
ρ	=Densitas fluida, lb/cuft
St	= Jumlah Stages, stage
TDH	= Total Dynamic Head, feet
Ft/stages	= jumlah satge per feet
V_s	= Surface Voltage, volt
V_m	= Motor Voltage, volt
V_c	= Correction Voltage, volt
L	= Panjang kabel,ft

Voltage Drop = kehilangan voltage, ft

T = Ukuran Transformer, KVA

I_m = Ampere motor, amper

Daftar Pustaka

Takacs, Gabor. "Electrical Submersible Pumps Manual", Design, Operations, and Maintenance, Gulf Equipment Guides, Abu Dhabi, 1947.

Beggs, Dale, "The Gas Production Operations", OGI Publications, Oil & Gas Consultants International Inc., Tulsa, Oklahoma, 1991.

Brown, KE., "The Technology of Artificial Lift Methods", Volume 1, Petroleum Publishing Company, Tulsa Oklahoma, 1977.

Brown, KE., "The Technology of Artificial Lift Methods", Volume E 2A, Petroleum Publishing Company, Tulsa Oklahoma, 1980.

Brown, KE., "The Technology of Artificial Lift Methods", Volume 2B, Petroleum Publishing Company, Tulsa Oklahoma, 1980.

"Data-data Lapangan Chevron Indonesia Company Balikpapan, Kalimantan Timur. Yuli Dina, Tugas Akhir, "Evaluasi Electrical Submersible Pump", 2008

Tabel A.1. Data Sumur Produksi dan Tekanan pada Sumur BN-23

Tabel Data Kompleksi	
DATA	Sumur
Caing ID, inchi	2.441
Tubing, inchi	2 7/8"
Top Perforasi, ft	1180
Depth Mid Perforasi, ft	3878.14
Buttom Perforasi, ft	1184
Pump Setting Depth, ft	3439
Data Reservoir dan Produksi	
Pr, Psi	1509
Pwf, Psi	190
P Tubing, Psi	370
P Casing, Psi	353.8
Laju Produksi Fluida test (Qt), BFPD	1557.5
Laju Produksi Minyak (Qo), BFPD	176
Laju Produksi Fluida Aktual (Qaktual), BFPD	1998
Water Cut (WC), %	91.2
Tipe Pompa	IND-3200
Frekuensi, Hz	45
Stage	119
DATA PVT	
API	19
Specific Gravity oil (Sgo)	0.07
Specific Gravity Water (Sgw)	0.91

Tabel A.2. Data Sumur Produksi dan Tekanan pada Sumur BN-35

Tabel Data Kompleksi	
DATA	Sumur
Caing ID, inchi	2.992
Tubing, inchi	3 1/2"
Top Perforasi, ft	1182
Depth Mid Perforasi, ft	3886.34
Buttom Perforasi,ft	1187
Pump Setting Depth, ft	3614
Data Reservoir dan Produksi	
Pr, Psi	1509
Pwf, Psi	1117
P Tubing, Psi	280
P Casing, Psi	339
Laju Produksi Fluida test (Qt), BFPD	6044
Laju Produksi Minyak (Qo), BFPD	193
Laju Produksi Fluida Aktual (Qaktual), BFPD	3333
Water Cut (WC), %	94.2
Tipe Pompa	IND-3200
Frekuensi, Hz	53
Stage	119
DATA PVT	
API	19
Specific Gravity oil (Sgo)	0.05
Specific Gravity Water (Sgw)	0.94

Tabel A.3. Data Sumur Produksi dan Tekanan pada Sumur BN-104

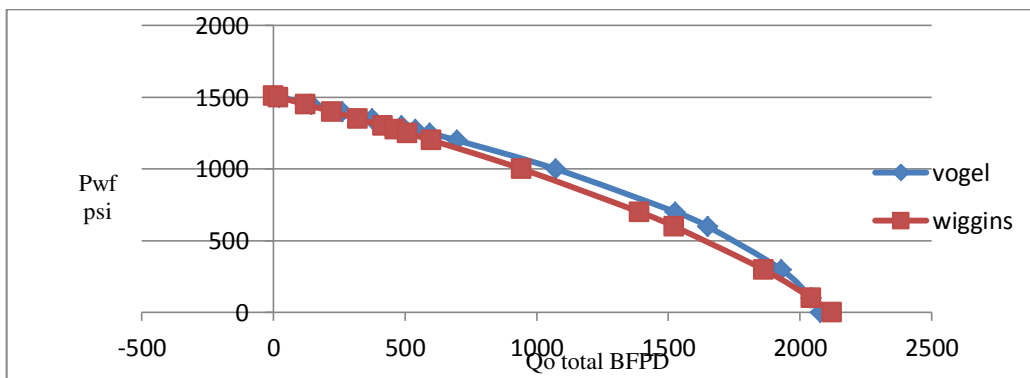
Tabel Data Kompleksi	
DATA	Sumur
Caing ID, inchi	2.441
Tubing, inchi	2 7/8"
Top Perforasi, ft	1188.5
Depth Mid Perforasi, ft	3910.95
Buttom Perforasi,ft	1195.5
Pump Setting Depth, ft	3744
Data Reservoir dan Produksi	
Pr, Psi	1509
Pwf, Psi	176
P Tubing, Psi	130
P Casing, Psi	120
Laju Produksi Fluida test (Qt), BFPD	1281
Laju Produksi Minyak (Qo), BFPD	141
Laju Produksi Fluida Aktual (Qaktual), BFPD	1281
Water Cut (WC), %	89
Tipe Pompa	IND-3200
Frekuensi, Hz	43
Stage	119
DATA PVT	
API	19
Specific Gravity oil (Sgo)	0.09

Specific Gravity Water (Sgw)	0.89
------------------------------	------

Perhitungan efisiensi pdan optimasi pompa pada sumur- sumur di lapangan BN-23, BN-35, DAN BN-104

Tabel B.1. Hasil Perhitungan Qt Sumur Pada BN-23 Berbagai Harga Pwf

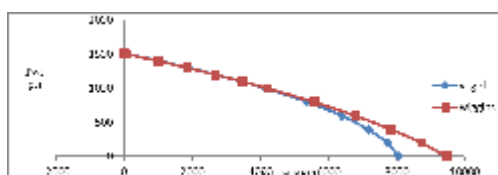
Pwf ass	Pwf / Pr	A	Qo
1509	1	0	0
1500	0.99	0.01	22.2
1450	0.96	0.07	143.6
1400	0.93	0.13	261.3
1350	0.89	0.18	375.4
1300	0.86	0.23	485.8
1275	0.84	0.260	539.7
1250	0.83	0.29	592.6
1200	0.80	0.34	695.8
1000	0.66	0.52	1071.8
700	0.46	0.74	1526.5
544	0.40	0.79	1648.8
300	0.20	0.93	1928.4
190	0.13	0.96	1928.4
186	0.12	2000.2	1969.2
0	0	1	2076.6



Gambar B.1. Kurva IPR Sumur BN-23

Tabel B.2 Hasil Perhitungan Q_t Sumur BN-35 Pada Berbagai Harga P_{wf}

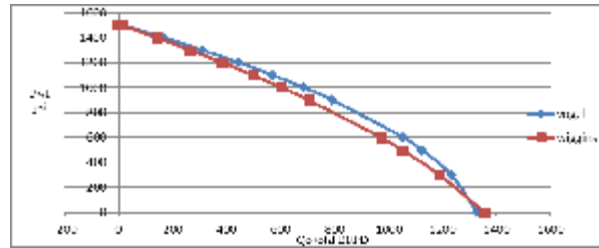
P_{wf} ass	P_{wf} / P_r	A	Q_o
1509	1	0	0
1500	0.99	0.01	86.3
1400	0.93	0.13	1014.1
1300	0.86	0.23	1885.3
1200	0.80	0.34	2699.9
1100	0.73	0.43	3457.9
1000	0.66	0.52	4159.2
800	0.53	0.67	5392.0
600	0.40	0.79	6398.3
400	0.27	0.89	7178.2
200	0.13	0.96	7731.5
0	0	1	8058.4



Gambar B.2 Kurva IPR Sumur BN-35

Tabel B.3 Hasil Perhitungan Q_t Sumur Pada BN-104 Berbagai Harga P_{wf}

P_{wf} ass	P_{wf} / P_r	A	Q_o
1509	1	0	0
1500	0.99	0.01	14.2
1400	0.93	0.13	166.9
1300	0.86	0.23	310.3
1200	0.80	0.34	444.4
1100	0.73	0.43	569.2
1000	0.66	0.52	684.6
900	0.60	0.60	790.7
600	0.40	0.79	1053.1
500	0.33	0.85	1122.0
300	0.20	0.93	1231.7
0	0	1	1326.4



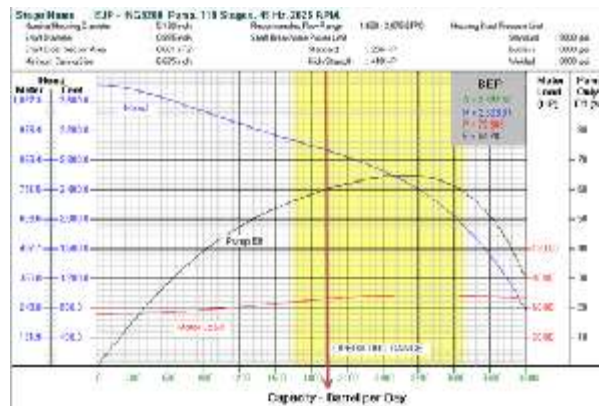
GambarB.3Kurva IPR Sumur BN-104

TabelB.4Hasil PerhitunganPersentaseEfisiensiVolumetris (%EV)

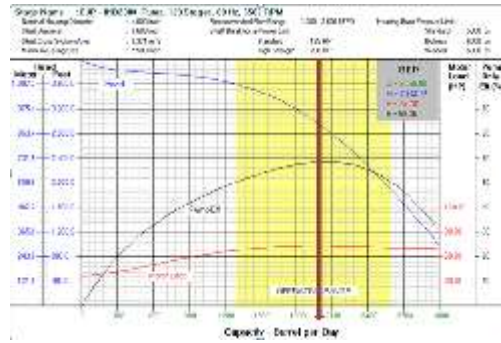
Sumur	Pwf (Psi)	PIP (Psi)	TDH (Ft)	Qaktual (BFPD)	Qteoritis (BFPD)	EV (%)
BN-23	190	3.15	4590	1998	2850	70
BN-35	841	724.51	2994	3333	3666	91
BN-104	176	105.28	3985	1209	2880	42

Tabel B.5 Hasil Pemilihan Pompa Sumur BN-23, BN-35 dan BN-104

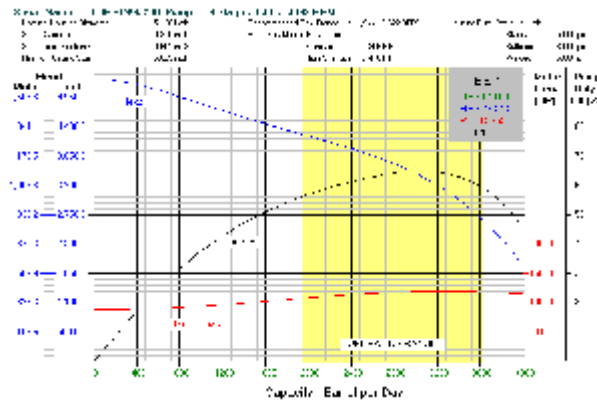
Sumur	Q, BFPD	PSD, ft	TDH, Ft	Pompa	Jumlah Stage
BN-23	2000	3500	4436	ESP IND-2000	119
BN-35	5000	3149	2758.8	ESP ING-5200	119
BN-104	1200	3750	3903.4	ESP IND-1300	119



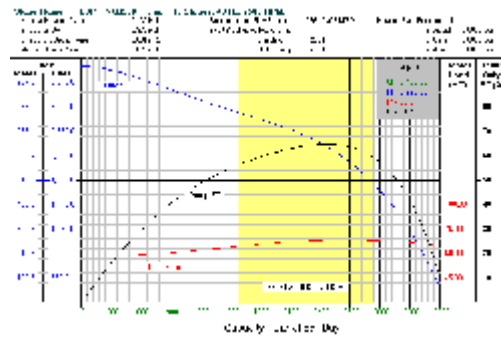
Gambar C.1 Grafik Evaluasi Pump Curve Performance BN-23



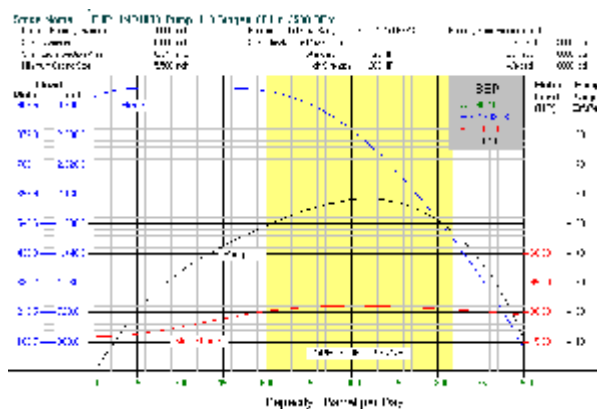
Gambar C.1 Grafik Optimasi Pump Curve Performance BN-23



Gambar C.2 Grafik Evaluasi Pump Curve Performance BN-35



Gambar C.3 Grafik Evaluasi Pump Curve Performance BN-104



Gambar C.3 Grafik Optimasi Pump Curve Performance BN-104