

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN ULANG ESP DAN KONVERSI GAS LIFT PADA SUMUR-SUMUR ESP LAPANGAN JATIBARANG

Agung Putra Galura
Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
Universitas Trisakti
Email : agungputragalura@gmail.com

Abstrak

Teknik pengangkatan buatan merupakan salah satu upaya *primary recovery* yang digunakan untuk mengangkat fluida pada sumur-sumur produksi yang sudah tidak ekonomis apabila diproduksi atau tidak dapat berproduksi secara alami (*natural flow*). Dalam mendesain suatu metode teknik pengangkatan buatan, perlu memperhitungkan faktor teknis dan keekonomiannya. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis desain teknik pengangkatan buatan. Dalam *paper* ini akan dilakukan perbandingan implementasi dua jenis teknik pengangkatan buatan untuk Lapangan Jatibarang, yaitu *electric submersible pump* (ESP) dan *gas lift*. Sumur-sumur ESP pada Lapangan Jatibarang belum sepenuhnya berproduksi dengan optimum. Sumur X-1, Sumur X-2, Sumur X-3, dan Sumur X-4 merupakan sumur-sumur yang berproduksi dengan metode ESP pada Lapangan Jatibarang khususnya Daerah Operasi Cemara Barat. Setelah mengevaluasi karakteristik dan data produksi sumur, maka akan dilakukan optimasi dengan cara menaikkan frekuensi dan mendesain ulang ESP. Sebagai pembandingan, dipilih metode *gas lift* karena karakteristik sumur-sumur yang memenuhi dan juga sarana penunjang yang telah tersedia. Skenario terbaik yang akan dipilih dilihat dari faktor keekonomiannya yaitu dengan biaya *lifting cost* terendah setelah memperhitungkan *capital cost* dan *operating cost*.

Kata kunci : ESP, gas lift, artificial lift, lifting cost

Pendahuluan

Pompa *Electric Submersible Pump* (ESP) dan *gas lift* merupakan teknik pengangkatan buatan (*artificial lift*) yang banyak digunakan di dalam dunia perminyakan. Teknik pengangkatan buatan merupakan salah satu upaya *primary recovery* yang digunakan untuk mengangkat fluida pada sumur-sumur produksi yang sudah tidak ekonomis apabila diproduksi atau tidak dapat berproduksi secara alami (*natural flow*). Di Pertamina EP Asset 3 Lapangan Jatibarang ada beberapa sumur ESP yang memiliki potensi untuk ditingkatkan produksinya karena laju produksinya hanya sekitar 43-64% dari laju produksi maksimum. Dalam *paper* ini akan dibahas mengenai perencanaan desain ulang ESP dan optimasi dengan menaikkan frekuensi ESP (*up freq*) secara manual untuk meningkatkan laju produksi pada empat sumur ESP yaitu Sumur X-1, Sumur X-2, Sumur X-3, dan Sumur X-4 yang berada ada Daerah Operasi Cemara Barat pada Lapangan Jatibarang, upaya meningkatkan produksi tersebut memungkinkan berdasarkan potensi yang dilihat dari *inflow performance relationship* (IPR) pada masing-masing sumur dan juga fasilitas di permukaan yang sudah mendukung. Batas maksimum produksi ditentukan berdasarkan persentase *free gas* pada *intake* di bawah 10% untuk menghindari *gas lock*. Selain untuk meningkatkan laju produksi, desain ulang ESP untuk Sumur X-1 dan Sumur X-3 dilakukan untuk mengatasi permasalahan *downthrust* yang terjadi akibat laju produksi aktual kedua sumur tersebut tidak mencapai laju minimal kapasitas pompa yang digunakan. Selain penggunaan pompa ESP, pada Lapangan Jatibarang sudah tersedia stasiun kompresor dan stasiun distribusi untuk pengaplikasian metode *gas lift*, oleh karena itu akan dilakukan perencanaan konversi *gas lift* secara grafis untuk keempat sumur tersebut sebagai pembandingan dari penggunaan pompa ESP karena dari segi fasilitas, ketersediaan gas injeksi dan karakteristik sumur sudah memenuhi kriteria untuk diaplikasikan *gas lift*. Desain *artificial lift* yang akan dipilih untuk keempat sumur tersebut bukan hanya dari besarnya kenaikan laju produksi, namun juga akan diperhatikan aspek

ekonominya dari segi biaya-biaya *capital cost* seperti biaya peralatan di permukaan (*surface equipment*), di bawah permukaan (*subsurface equipment*), biaya *non capital cost* seperti biaya operasional (*operating cost*), dan biaya instalasi. Untuk desain ulang ESP peralatan yang sudah ada (*exist*) dapat digunakan kembali pada desain ESP yang baru apabila sesuai dengan desainnya sehingga tidak perlu membeli peralatan yang baru. Parameter yang akan dikaji dari segi ekonomi sederhana yaitu biaya pengangkatan per hari (*lifting cost*) pada setiap sumur, dimana biaya tersebut akan menentukan metode pengangkatan buatan yang lebih ekonomis untuk diaplikasikan ke sumur-sumur kajian dengan asumsi waktu produksi lima tahun, laju produksi konstan, dan gas yang terproduksi tidak dijual namun disirkulasikan kembali untuk kebutuhan injeksi sumur-sumur *gas lift* Lapangan Jatibarang.

Metode Penelitian

- Metode *composite IPR*

Metode *composite IPR* adalah Kurva IPR *composite* berasal dari kombinasi persamaan Vogel untuk aliran minyak dengan persamaan indeks produktivitas konstan aliran air.

- Metode *nine step design* ESP

Metode *nine step design* ESP adalah metode perhitungan manual untuk mendesain pompa ESP pada sumur-sumur *artificial lift* dengan memperhitungkan volume total dan *free gas* serta pemilihan komponen pompa ESP.

- Metode grafis desain *gas lift*

Metode grafis desain *gas lift* adalah metode perencanaan desain sumur *gas lift* dengan penentuan spasi katup secara manual dan perhitungan data *gas lift* secara manual.

Hasil dan Pembahasan

Sumur X-1, Sumur X-2, Sumur X-3, dan Sumur X-4 merupakan sumur-sumur ESP di Lapangan Jatibarang Daerah Operasi Cemara Barat. Keempat sumur tersebut masih dapat ditingkatkan laju produksinya dengan melihat potensi dari kurva IPR masing-masing sumur, oleh karena itu akan dilakukan upaya peningkatan produksi dengan melakukan optimasi dan desain ulang ESP. Untuk mengetahui desain secara teknis dan ekonomi dari hasil optimasi dan desain ulang ESP, maka akan dilakukan analisa perbandingan dengan metode *gas lift* yang dapat diaplikasikan keempat sumur tersebut. Pada keadaan awal Sumur X-1 memproduksi sebesar 96 BFPD (31,7 BOPD) dengan volume total pada pompa sebesar 104,2 bbl/d dari hasil tes terakhir pada 1 Februari 2015. Produksi aktual tersebut hanya 57,7% dari Q_{\max} yang sebesar 166,5 BFPD. Pompa ESP yang terpasang yaitu REDA D460N 152 *stages* yang beroperasi pada frekuensi 54 Hz. Jika dilihat dari *optimum operating range* pompa REDA D460N yang berada pada laju 200-650 BFPD, maka laju produksi terakhir tersebut berada di bawah batas minimum sehingga terjadi *downthrust* yang akan mengakibatkan kerusakan pompa. Dengan upaya menaikkan frekuensi hingga 60 Hz pun laju produksi akan meningkat menjadi 106,7 BFPD (35,2 BOPD) dengan volume total pada pompa 116,4 bbl/d, namun laju tersebut masih di bawah batas optimum sehingga upaya optimasi tidak akan dilakukan. Oleh karena itu akan dilakukan desain ulang ESP dengan menggunakan pompa yang berkapasitas lebih kecil. Desain ulang ESP untuk Sumur X-1 ditargetkan untuk memproduksi 80-88% dari Q_{\max} yang sebesar 166,4 BFPD, sehingga target produksi desain ulang dapat mencapai kisaran 133-146 BFPD. Perhitungan desain ulang dilakukan berdasarkan laju target yang diinginkan yaitu 80%, 85%, dan 88% dari Q_{\max} dengan perbedaan jumlah *stage* untuk masing-masing target. Dengan laju produksi target tersebut maka akan dipilih pompa REDA D280N 60 Hz dengan efisiensi pompa antara 29,8 – 32,1 %. Perhitungan

desain ulang ESP untuk Sumur X-1 akan menggunakan 112, 146, dan 178 *stages* berdasarkan target laju produksi dimana dengan penggunaan ketiga *stage* tersebut tidak akan terjadi masalah *gas lock* karena gas bebas yang ikut terproduksi sudah di bawah 10% setelah melewati *advance gas handler* (AGH). Desain ESP dengan 112 *stages* dapat memproduksi sekitar 133,2 BFPD (43,9 BOPD) atau sekitar 80% dari Q_{max} , untuk desain 146 *stages* dapat memproduksi sekitar 141,6 BFPD (46,7 BOPD) atau sekitar 85% dari Q_{max} , dan untuk 178 *stages* dapat memproduksi sekitar 146,1 BFPD (48,2 BOPD) atau sekitar 88% dari Q_{max} . Komponen peralatan ESP untuk ketiga *stage* tersebut sama yaitu motor 456 series 10 HP 435 volt 15 ampere OD 4,56 inch, *Protector* 400 std series OD 4,56 inch, *Cable* 6 CU, *Switchboard class* DPH.2 max 600 volt 50 ampere, dan *Transformer* 25 KVA.

Sebagai pembandingan telah dilakukan desain konversi *intermittent gas lift* untuk Sumur X-1 karena PI yang rendah yaitu 0,118 STB/Day/psi. Hasil desain *intermittent gas lift* menggunakan delapan katup gas lift dengan *port size* 0,1875 inch. Jumlah siklus per hari yaitu 58 siklus dengan jumlah gas injeksi yang dibutuhkan 4.400 SCF/siklus atau 0,255 MMSCFD. Dengan penggunaan *intermittent gas lift* akan mampu memproduksi sekitar 138,8 BFPD (45,8 BOPD). Dari hasil analisa keekonomian *oil lifting cost* keadaan awal yaitu 6,327 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 112 *stages* sebesar 3,725 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 149 *stages* sebesar 3,556 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 178 *stages* sebesar 3,494 US\$/bbl, dan untuk konversi *intermittent gas lift* sebesar 7,571 US\$/bbl. Dengan perbandingan *oil lifting cost* tersebut maka dipilih metode dengan *oil lifting cost* terendah yaitu desain ulang ESP 178 *stages* dengan laju produksi 146,1 BFPD (48,2 BOPD) dan *pay out time* (POT) selama 110 hari. Untuk Sumur X-2 pada kondisi awal mampu memproduksi sebesar 436 BFPD (52,3 BOPD) dengan volume total pada pompa sebesar 455,5 bbl/d dari hasil tes terakhir pada 1 Februari 2015. Produksi aktual tersebut hanya 47,3% dari Q_{max} yang sebesar 922,1 BFPD. Pompa ESP yang terpasang yaitu REDA D460N 152 *stages* yang beroperasi pada frekuensi 52 Hz. Jika dilihat dari kurva IPR, Sumur X-2 berpotensi untuk ditingkatkan produksinya dengan melakukan optimasi menaikkan frekuensi ke 60 Hz dan bisa dilakukan desain ulang ESP dengan menggunakan pompa yang berkapasitas lebih besar karena kapasitas pompa keadaan awal tidak cukup besar. Untuk upaya menaikkan frekuensi hingga 60 Hz pun laju produksi akan meningkat menjadi 503,1 BFPD (60,4 BOPD) tanpa harus melakukan perubahan komponen peralatan ESP yang sudah ada. Desain ulang ESP untuk Sumur X-2 ditargetkan untuk memproduksi 80-87% dari Q_{max} yang sebesar 922,1 BFPD, sehingga target produksi desain ulang dapat mencapai kisaran 737-802 BFPD. Perhitungan desain ulang dilakukan berdasarkan laju target yang diinginkan yaitu 80%, 85%, dan 87% dari Q_{max} dengan perbedaan jumlah *stage* untuk masing-masing target. Dengan laju produksi target tersebut maka akan dipilih pompa REDA D1150N 60 Hz dengan efisiensi pompa antara 56 – 60,1 %. Perhitungan desain ulang ESP untuk Sumur X-2 akan menggunakan 86, 100, dan 104 *stages* berdasarkan target laju produksi dimana dengan penggunaan ketiga *stage* tersebut tidak akan terjadi masalah *gas lock* karena gas bebas yang ikut terproduksi sudah di bawah 10% setelah melewati *advance gas handler* (AGH). Desain ESP dengan 86 *stages* dapat memproduksi sekitar 737,4 BFPD (88,5 BOPD) atau sekitar 80% dari Q_{max} , untuk desain 100 *stages* dapat memproduksi sekitar 783,9 BFPD (94,1 BOPD) atau sekitar 85% dari Q_{max} , dan untuk 104 *stages* dapat memproduksi sekitar 802,3 BFPD (96,3 BOPD) atau sekitar 87% dari Q_{max} . Komponen peralatan ESP untuk 86 *stages* yaitu motor 456 series 40 HP 430 volt 59 ampere OD 4,56 inch, *Protector* 400 std series OD 4,56 inch, *Cable* 4 CU, *Switchboard class* DPH.2 max 600 volt 100 ampere, dan *Transformer* 75 KVA. Sedangkan komponen peralatan ESP untuk 100 dan 112 *stages* yaitu motor 456 series 50 HP 675 volt 47 ampere OD 4,56 inch, *Protector* 400 std series OD 4,56 inch, *Cable* 4 CU, *Switchboard class* 120.MFH max 1000 volt 120 ampere, dan *Transformer* 100 KVA. Sebagai pembandingan telah dilakukan desain konversi *continuous gas lift* untuk Sumur X-2. Hasil desain *continuous gas lift* menggunakan enam katup *gas lift* dengan *port size* 0,1875 inch. Jumlah gas injeksi

optimum yang dibutuhkan per hari yaitu 0,1 MMSCFD sesuai dengan *net income* per hari yang paling besar. Dengan penggunaan *continuous gas lift* akan mampu memproduksi sekitar 426,7 BFPD (51,2 BOPD) dimana hasil ini menurun dari kondisi aktual, namun sebagai pembanding tetap akan dilakukan perbandingan *lifting cost*. Dari hasil analisa keekonomian *oil lifting cost* keadaan awal yaitu 4,224 US\$/bbl, untuk optimisasi 60 Hz sebesar 3,661 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 86 *stages* sebesar 2,821 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 100 *stages* sebesar 3,024 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 104 *stages* sebesar 2,999 US\$/bbl, dan untuk konversi *continuous gas lift* sebesar 3,422 US\$/bbl. Dengan perbandingan *oil lifting cost* tersebut maka dipilih metode dengan *oil lifting cost* terendah yaitu desain ulang ESP 86 *stages* dengan laju produksi 737,4 BFPD (88,5 BOPD) dan *pay out time* (POT) selama 51 hari..

Kemudian untuk Sumur X-3 pada kondisi awal memproduksi sebesar 269 BFPD (61,9 BOPD) dengan volume total pada pompa sebesar 282,1 bbl/d dari hasil tes terakhir pada 1 Februari 2015. Produksi aktual tersebut hanya 43% dari Q_{\max} yang sebesar 626,3 BFPD. Pompa ESP yang terpasang yaitu REDA D1150N 278 *stages* yang beroperasi pada frekuensi 50 Hz. Jika dilihat dari *optimum operating range* pompa REDA D1150N yang berada pada laju 400-1650 BFPD, maka laju produksi terakhir tersebut berada di bawah batas minimum sehingga terjadi *downthrust* yang akan mengakibatkan kerusakan pompa. Dengan upaya menaikkan frekuensi hingga 60 Hz pun laju produksi akan meningkat menjadi 322,8 BFPD (74,2 BOPD) dengan volume total pada pompa sebesar 339,4 bbl/d, namun laju tersebut masih di bawah batas optimum sehingga upaya optimasi tidak akan dilakukan. Oleh karena itu akan dilakukan desain ulang ESP dengan menggunakan pompa yang berkapasitas lebih kecil. Desain ulang ESP untuk Sumur X-3 ditargetkan untuk memproduksi 80-90% dari Q_{\max} yang sebesar 626,3 BFPD, sehingga target produksi desain ulang dapat mencapai kisaran 501-564 BFPD. Perhitungan desain ulang dilakukan berdasarkan laju target yang diinginkan yaitu 80%, 85%, dan 90% dari Q_{\max} dengan perbedaan jumlah *stage* untuk masing-masing target. Dengan laju produksi target tersebut maka akan dipilih pompa REDA D460N 60 Hz dengan efisiensi pompa antara 50,4 - 52,3 %. Perhitungan desain ulang ESP untuk Sumur X-3 akan menggunakan 151, 176, dan 208 *stages* berdasarkan target laju produksi dimana dengan penggunaan ketiga *stage* tersebut tidak akan terjadi masalah *gas lock* karena gas bebas yang ikut terproduksi sudah di bawah 10% setelah melewati *advance gas handler* (AGH). Desain ESP dengan 151 *stages* dapat memproduksi sekitar 501,1 BFPD (115,3 BOPD) atau sekitar 80% dari Q_{\max} , untuk desain 176 *stages* dapat memproduksi sekitar 532,4 BFPD (122,5 BOPD) atau sekitar 85% dari Q_{\max} , dan untuk 208 *stages* dapat memproduksi sekitar 563,7 BFPD (129,6 BOPD) atau sekitar 90% dari Q_{\max} . Komponen peralatan ESP untuk 151 *stages* yaitu motor 456 series 40 HP 430 volt 59 ampere OD 4,56 inch, *Protector* 400 std series OD 4,56 inch, *Cable* 4 CU, *Switchboard class* 120.MFH max 1000 volt 120 ampere, dan *Transformer* 75 KVA. Komponen peralatan ESP untuk 176 *stages* yaitu motor 456 series 50 HP 675 volt 47 ampere OD 4,56 inch, *Protector* 400 std series OD 4,56 inch, *Cable* 4 CU, *Switchboard class* 120.MFH max 1000 volt 120 ampere, dan *Transformer* 100 KVA. Sedangkan komponen peralatan ESP untuk 208 *stages* yaitu motor 456 series 60 HP 640 volt 59 ampere OD 4,56 inch, *Protector* 400 std series OD 4,56 inch, *Cable* 4 CU, *Switchboard class* 120.MFH max 1000 volt 120 ampere, dan *Transformer* 100 KVA.

Sebagai pembanding telah dilakukan desain konversi *continuous gas lift* untuk Sumur X-3. Hasil desain *continuous gas lift* menggunakan tujuh katup *gas lift* dengan *port size* 0,1875 inch. Jumlah gas injeksi yang dibutuhkan per hari yaitu 0,2 MMSCFD sesuai dengan *net income* per hari yang paling besar. Dengan penggunaan *continuous gas lift* akan mampu memproduksi sekitar 317,6 BFPD (73,1 BOPD). Dari hasil analisa keekonomian *oil lifting cost* keadaan awal yaitu 7,29 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 151 *stages* sebesar 2,728 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 176 *stages* sebesar 2,818 US\$/bbl, untuk desain ulang ESP 208 *stages* sebesar 2,924 US\$/bbl, dan untuk konversi *continuous gas lift* sebesar 3,872 US\$/bbl. Dengan perbandingan *oil lifting cost* tersebut

maka dipilih metode dengan *oil lifting cost* terendah yaitu desain ulang ESP 151 *stages* dengan laju produksi 501,1 BFPD (115,3 BOPD) dan *pay out time* (POT) selama 53 hari..Terakhir yaitu untuk Sumur X-4 pada kondisi awal memproduksi sebesar 212 BFPD (42,4 BOPD) dengan volume total pada pompa sebesar 225,4 bbl/d dari hasil tes terakhir pada 1 Februari 2015. Produksi aktual tersebut hanya 64,2% dari Q_{Max} yang sebesar 725,7 BFPD. Pompa ESP yang terpasang yaitu REDA D460N 149 *stages* yang beroperasi pada frekuensi 50 Hz. Dengan kondisi tersebut sumur tersebut sudah beroperasi dengan baik, hanya saja bisa ditingkatkan sedikit dengan menaikkan frekuensi ke 60 Hz. Dengan upaya menaikkan frekuensi hingga 60 Hz pun laju produksi akan meningkat menjadi 254,4 BFPD (50,9 BOPD). Sebagai pembandingan telah dilakukan desain konversi *intermittent gas lift* untuk Sumur X-4 karena PI yang rendah yaitu 0,233 STB/Day/psi. Hasil desain *intermittent gas lift* menggunakan lima katup *gas lift* dengan *port size* 0,1875 inch. Jumlah siklus per hari yaitu 85 siklus dengan jumlah gas injeksi yang dibutuhkan 2.300 SCF/siklus atau 0,196 MMSCFD. Dengan penggunaan *intermittent gas lift* akan mampu memproduksi sekitar 238,5 BFPD (47,7 BOPD). Dari hasil analisa keekonomian *oil lifting cost* keadaan awal yaitu 4,282 US\$/bbl, untuk optimasi 60 Hz sebesar 3,568 US\$/bbl, dan untuk konversi *intermittent gas lift* sebesar 5,073 US\$/bbl. Dengan perbandingan *oil lifting cost* tersebut maka dipilih metode dengan *oil lifting cost* terendah yaitu optimasi 60 Hz dengan laju produksi 254,4 BFPD (50,9 BOPD).

Tabel 1. Metode Terbaik untuk Sumur X-1, Sumur X-2, Sumur X-3, dan Sumur X-4

Sumur	Metode Terbaik	Q, BFPD	Qo, BOPD	Qo increase, BOPD	Lifting Cost, US\$/bbl
X-1	ESP Redesign	146.13	48.22	16.54	3.49
X-2	ESP Redesign	737.37	88.48	36.16	2.82
X-3	ESP Redesign	501.09	115.25	53.38	2.73
X-4	ESP Up Frequency	254.40	50.88	8.48	3.57

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah disebutkan sebelumnya, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju produksi aktual terakhir Sumur X-1 sebesar 96 BFPD jauh di bawah batas optimum pompa REDA D460N, Pemilihan metode terbaik untuk upaya peningkatan produksi Sumur X-1 yaitu melakukan desain ulang ESP menggunakan pompa REDA D280N 60 Hz 178 *stages* dengan laju produksi 146,1 BFPD (48,2 BOPD), *pay out time* (POT) selama 110 hari, dan *oil lifting cost* sebesar 3,494 US\$/bbl.
2. Sumur X-2 berproduksi sebesar 436 BFPD berdasarkan data tes terakhir dengan pompa REDA D460N dimana masih bisa ditingkatkan potensinya dengan mengganti pompa dengan kapasitas yang lebih besar, Pemilihan metode terbaik untuk upaya peningkatan produksi Sumur X-2 yaitu melakukan desain ulang ESP menggunakan pompa REDA D1150N 60 Hz 86 *stages* dengan laju produksi 737,4 BFPD (88,5 BOPD), dan *pay out time* (POT) selama 51 hari, dan *oil lifting cost* sebesar 2,821 US\$/bbl.
3. Keadaan terakhir Sumur X-3 berproduksi sebesar 269 BFPD dimana laju produksi tersebut jauh di bawah batas optimum pompa REDA D1150N, Pemilihan metode terbaik untuk upaya peningkatan produksi Sumur X-3 yaitu melakukan desain ulang ESP menggunakan pompa REDA D460N 60 Hz 151 *stages* dengan laju produksi 501,1 BFPD (115,3 BOPD), dan *pay out time* (POT) selama 53 hari, dan *oil lifting cost* sebesar 2,728 US\$/bbl.

4. Sumur X-4 memproduksi sebesar 212 BFPD dengan pompa REDA D460N 50 Hz dimana hal tersebut sudah optimum namun masih bisa ditingkatkan dengan menaikkan frekuensi ke 60 Hz, Pemilihan metode terbaik untuk upaya peningkatan produksi Sumur X-4 yaitu melakukan optimasi ESP pompa REDA D460N ke 60 Hz 149 *stages* dengan laju produksi 254,4 BFPD (50,9 BOPD) dan *oil lifting cost* sebesar 3,568 US\$/bbl.
5. Dari hasil analisa keempat sumur kajian maka dapat disimpulkan bahwa dalam menentukan metode teknik pengangkatan buatan terbaik bukan hanya dilihat dari besarnya laju produksi yang dapat dihasilkan, namun perlu juga memperhatikan aspek-aspek lainnya seperti kesesuaian pemilihan metode *artificial lift* dengan karakteristik sumur, aspek desain secara teknis, ketersediaan peralatan baik di peralatan *subsurface* maupun *surface*, serta yang terpenting yaitu dari aspek keekonomiannya dimana metode *artificial lift* yang dipilih harus dengan biaya produksi yang terendah.

Daftar Simbol

BHT	= <i>bottom hole temperature</i> , °F
C_t	= <i>temperature correction</i>
GLR	= <i>Gas Liquid Ratio</i> , SCF/bbl
GOR	= <i>Gas Oil Ratio</i> , SCF/bbl
P	= tekanan, psia
PI	= indeks produktivitas, STB/Day/psi
PIP	= <i>Pump Intake Pressure</i> , psia
P_{ko}	= <i>kick off pressure</i> , psia
P_r	= tekanan reservoir, psia
PSD	= <i>Pump Setting Depth</i> , ft
P_{so}	= <i>surface operating pressure</i> , psia
P_t	= tekanan tubing, psia
P_{wf}	= tekanan alir dasar sumur, psia
P_{wh}	= tekanan kepala sumur, psia
P2	= <i>pump discharge pressure</i> , psia
P3	= <i>pump intake pressure</i> , psia
Q	= laju produksi, BFPD
T_s	= <i>surface temperature</i> , °F
V_g	= volume gas pada pompa, bbl/d
V_o	= volume minyak pada pompa, bbl/d
V_t	= volume total pada pompa, bbl/d
V_w	= volume air pada pompa, bbl/d
W_C	= <i>Water Cut</i> , %
WFL	= <i>Working Fluid Level</i> , ft

Daftar Pustaka

- Brown, K.E, 1984, " The Technology of Artificial Lift Methods", Volume I, Oklahoma : Penwell Publishing Co, The University of Tulsa.
- Brown, K.E, 1984, " The Technology of Artificial Lift Methods", Volume II A, Oklahoma : Penwell Publishing Co., The University of Tulsa.
- Brown, K.E, 1984, " The Technology of Artificial Lift Methods", Volume II B, Oklahoma : Penwell Publishing Co., The University of Tulsa.

Brown, K.E, 1977, " The Technology of Artificial Lift Methods", Volume IV, Oklahoma : Penwell Publishing Co., The University of Tulsa.

Fathaddin, Taufiq, "Slide Teknik Produksi", Jakarta : Universitas Trisakti

Centrilift, 1992, "Nine Step Design ESP". Oklahoma : A Baker Hughes Company.

<http://bellampuspita.blogspot.com/2012/03/artificial-lift.html>

<https://pencarilmu.wordpress.com/2008/10/19/electrical-submergible-pump-esp/>

http://petrowiki.org/Electrical_submersible_pumps

http://petrowiki.org/ESP_system_selection_and_performance_calculations

<http://tandem-terminal.ru/topics/drilling/oil/index.html>

REDA Pump Curve, 2011.

Rubiandini, Rudi, 2010, "Artificial Lift", Bandung : Institut Teknologi Bandung.

Well file, PT Pertamina EP Asset 3, Jatibarang, 2015.