

EVALUASI UKURAN DIAMETER *TUBING* UNTUK UPAYA OPTIMASI LAJU PRODUKSI SUMUR A-28 LAPANGAN B PT. PERTAMINA EP ASSET 2 PENDOPO *FIELD*

Ade Anggraini Ramadhani¹, Ubaidillah Anwar Prabu² dan Wenny Herlina³
*Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan, 30139, Indonesia
E-mail: adeanggraini94@gmail.com*

ABSTRAK

Pipa tubing merupakan media alir berupa pipa vertikal atau pipa produksi yang berfungsi mengalirkan fluida dari dasar sumur ke permukaan. Perlu dilakukan evaluasi dari nilai kemampuan berproduksi sumur atau dikenal sebagai indeks produktivitas (productivity index) dalam setiap perencanaan ukuran diameter tubing. Laju produksi sumur A-28 dengan memakai tubing berdiameter 2 7/8 inch (OD) adalah 1.248 bfpd. Laju produksi optimal sumur A-28 berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Vogel adalah sebesar 2.191,52 bfpd dan persamaan Wiggins sebesar 2.805,18 bfpd. Penggunaan ukuran tubing 2 7/8 inch (OD) tidak tepat karena tidak mampu mencapai target produksi optimal dari sumur A-28. Karena itu, perlu dilakukan penggantian tubing untuk sumur A-28 agar target produksi optimalnya tercapai. Penelitian ini menggunakan data uji sonolog serta data teknis sumur dalam menghitung nilai indeks produktivitas sumur dan mengevaluasi ukuran diameter yang tepat. Untuk menentukan ukuran diameter tubing yang tepat dapat dievaluasi menggunakan kurva IPR (Inflow Performance Relationship), kurva tubing intake (TPR) serta analisis nodal. Analisis sistem nodal dilakukan dengan mengkombinasikan atau menggabungkan antara kurva IPR dengan kurva TPR. Perpotongan antara kurva IPR dan kurva TPR adalah nilai produksi optimal yang dapat dicapai oleh masing-masing diameter tubing. Hasil dari evaluasi ini diperoleh bahwa tubing dengan diameter 4 1/2 inch (OD) adalah ukuran tubing yang mendekati nilai target laju produksi optimal sumur A-28 yaitu sebesar 2.150 bfpd berdasarkan persamaan Vogel dan 2.350 bfpd berdasarkan persamaan Wiggins.

Kata Kunci : Produksi Optimal, Diameter Tubing, Analisis Sistem Nodal.

ABSTRACT

Tubing pipe is a pipe flow media in vertical form or a pipe production that serves to drain fluid from the bottom of the well to the surface. In the planning of tubing diameter size requires an evaluation of the well performance production (productivity index). The production rate on wells A-28 field B in PT.Pertamina EP Asset 2 Pendopo Field using tubing size 2 7/8 in (OD) is approximately 1248 bfpd. While its optimal production target is 2.191.52 bfpd by Vogel and 2805.18 bfpd by Wiggins equation. The use of tubing size 2.7/8 in (OD) is unable to achieve optimal production targets. Therefore, it is necessary to do the replacement of tubing to achieve optimal production target. To determine the exact tubing diameter size can be evaluated by using the curve (IPR), the tubing intake curve (TPR) and nodal system analysis. Nodal system Analysis shows the relationship of Inflow Performance Relationship curve to the TPR curve. The results of the evaluation shows that tubing size 4 1/2 in (OD) is the tubing diameter size close to the well A-28 optimal production target which is 2.150 bfpd according to the Vogel equation and 2.350 according to the Wiggins.

Keyword: Optimal Production, Tubing Diameter, Nodal System Analysis.

1. PENDAHULUAN

Tubing merupakan pipa produksi yang berfungsi mengalirkan fluida dari dasar sumur menuju permukaan [1]. Untuk memilih ukuran diameter *tubing* yang tepat dapat dievaluasi berdasarkan nilai kemampuan berproduksi suatu sumur migas atau dikenal sebagai indeks produktivitas (*productivity index*). Kesalahan dalam pemilihan ukuran diameter *tubing* dapat menyebabkan terjadinya penurunan laju produksi yang lebih cepat pada sumur migas [2]. Hal ini dapat disebabkan adanya scale yang terbentuk didalam *tubing* dan *flow-line* ataupun terjadinya kerusakan formasi (*formation damage*) [3]. Penggunaan *tubing* yang terlalu besar dapat menyebabkan terbentuknya scale, sedangkan apabila ukuran *tubing* yang digunakan terlalu kecil dapat menimbulkan *kerusakan formasi* akibat pasir didalam fluida terjatuh kembali dan menyumbat pori-pori dari formasi tersebut [4].

Permasalahan-permasalahan tersebutlah yang sering menghambat aktifitas produksi sehingga target produksi optimal tidak tercapai. Dalam hal ini, pemilihan ukuran diameter *tubing* yang tepat merupakan salah satu parameter penting dalam pencapaian target produksi optimal sekaligus menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah-masalah yang menghambat operasi produksi.

Penulis tertarik untuk mengkaji masalah pada sumur A-28 di lapangan B PT. Pertamina EP *Asset 2 Pendopo Field* ini. Penulis akan menganalisa penggunaan ukuran diameter *tubing* yang sesuai untuk sumur A-28 menggunakan analisa sistem nodal untuk menentukan ukuran diameter *tubing* yang tepat agar target produksi optimal tercapai.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di lapangan B pada sumur A-28 yang berada dalam wilayah kerja PT Pertamina EP *Asset 2 Lapangan Pendopo*. Penelitian dilakukan mulai dari 1 Desember 2016 sampai dengan 31 Desember 2016. Tabel 1 merupakan data yang digunakan pada penelitian meliputi data uji sumur dan data teknis sumur A-28 [5]. Tujuan mengetahui data-data tersebut adalah untuk mengetahui kemampuan berproduksi sumur (index produktivitas), kemudian dilakukan perhitungan matematis dan pembuatan kurva IPR (*Inflow Performance Relationship*) dan kurva *Tubing Intake*. Hasilnya digunakan untuk mengetahui ukuran *tubing* yang sesuai dengan kemampuan produksi sumur [6].

Pengolahan data dalam mengevaluasi ukuran diameter *tubing* untuk upaya optimasi laju produksi sumur A-28 dilakukan dengan menyesuaikan data dari sumur A-28 yang didapat melalui data sekunder perusahaan dengan persamaan matematis yang ada dalam literatur. Metode *lifting* yang digunakan pada sumur A-28 adalah pompa ESP (*Electrical Submersible Pumps*).

Tabel 1. Data Pada Sumur A-28

NO	DATA	SIMBOL	NILAI	SATUAN
1.	Laju Produksi Fluida	Q_f	1.248	Bfpd
2.	Kedalaman Sumur	TD	2.365	m
3.	<i>Gas Oil Ratio</i>	GOR	200	Scf/stb
4.	<i>Top Perforation</i>	TP	2.314	Ft
5.	<i>Bottom Perforation</i>	BT	2.322	Ft
6.	Tekanan Kepala Sumur	Pwh	90	Psia
7.	Ukuran <i>Tubing</i>	DT	2 7/8	In
8.	<i>Water Cut</i>	WC	80	Fraksi
9.	<i>Static Fluid Level</i>	SFL	83	Ft
10.	<i>Dinamic Fluid Level</i>	DFL	732	ft

Adapun metode pengolahan data dalam penelitian ini adalah dengan langkah kerja sebagai berikut:

1. Menentukan *Productivity Index* (PI)

Penentuan *productivity index* digunakan untuk mengetahui kemampuan berproduksi sumur A-28. Adapun persamaan untuk menentukan nilai *productivity index* adalah [7]:

$$PI = \frac{Q_f}{P_s - P_{wf}} \tag{1}$$

Dimana:

- PI = *productivity index*, bfpd/psia
- Q_f = laju produksi fluida, bfpd
- P_{wf} = tekanan alir dasar sumur, psia
- P_s = tekanan statik sumur, psia

2. Menghitung dan Membuat Kurva IPR (*Inflow Performance Relationship*)

Kurva IPR (*Inflow Performance Relationship*) dibuat untuk mengetahui nilai laju produksi maksimal (Q_{max}).
 Persamaan Vogel [8]:

$$\frac{Q_f}{Q_{max}} = 1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2 \tag{2}$$

Persamaan Wiggins [9]:

$$\frac{Q_{oil}}{Q_{oil max}} = 1 - 0,52 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0,48 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2$$

$$\frac{Q_{water}}{Q_{water max}} = 1 - 0,72 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0,28 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2$$

$$Q_f = Q_{oil} + Q_{water} \tag{3}$$

Dimana:

- Q_f = laju produksi fluida, bfpd
- Q_{oil} = laju produksi minyak, bopd
- Q_{water} = laju produksi air, bwpd
- Q_{max} = laju produksi fluida maksimal, bfpd
- P_s = tekanan statik sumur, psia
- P_{wf} = tekanan aliran dasar sumur, psia

Adapun langkah pembuatan kurva tersebut adalah sebagai berikut:

- a Menghitung Q_{max} dari masing-masing persamaan.
- b Membuat beberapa asumsi nilai $\frac{P_{wf}}{P_s}$ pada interval $0 \leq \frac{P_{wf}}{P_s} \leq 1$.
- c Menghitung nilai Q_f menggunakan persamaan Vogel dan Wiggins untuk setiap anggapan nilai $\frac{P_{wf}}{P_s}$ dari langkah kedua.
- d Membuat kurva IPR untuk aliran dua fasa berdasarkan hubungan P_{wf} dan Q_f dari hasil langkah ketiga.

3. Menghitung Laju Produksi Optimal (Q_{opt})

Laju produksi optimal (Q_{opt}) sumur A-28 didapatkan melalui perhitungan matematis. Nilai dari Q_{opt} yaitu sebesar 80% dari nilai Q_{max}. Nilai laju produksi optimal merupakan target yang harus dicapai untuk mendapatkan keuntungan yang diharapkan.

4. Menghitung dan Membuat Kurva *Tubing Intake*

Perhitungan dan pembuatan kurva *tubing intake* dilakukan dengan metode analisa nodal pada kepala sumur (P_{wh}). Data P_{wh} digunakan untuk menentukan tekanan alir dasar sumur (P_{wf 1} dan P_{wf 2}) dari pengukuran menggunakan

kurva *pressure traverse*. Setelah didapat nilai $P_{wf 1}$ dan $P_{wf 2}$, kemudian dilakukan perhitungan ekstrapolasi untuk mendapatkan nilai P_{wfTI} yaitu nilai P_{wf} yang mendekati nilai water cut (WC) sumur A-28. Perhitungan Ekstrapolasi [10]:

$$P_{wfTI} = P_{wf 1} + (P_{wf 2} - P_{wf 1}) \left(\frac{wc - wc_1}{wc_2 - wc_1} \right) \tag{4}$$

Dimana:

- P_{wfTI} : Tekanan alir dasar sumur untuk kurva *Tubing Intake*
- $P_{wf 1}$: P_{wf} hasil pengukuran kurva *Pressure Traverse* pada kondisi WC 1
- $P_{wf 2}$: P_{wf} hasil pengukuran kurva *Pressure Traverse* pada kondisi WC 2
- WC : *Water Cut* sumur SPA-28
- WC 1 : *Water Cut* 50 pada kurva *Pressure Traverse*
- WC 2 : *Water Cut* 100 pada kurva *Pressure Traverse*

5. Analisis Perolehan Produksi Optimal (Q_{opt}) Setiap Diameter *Tubing*. Analisis dilakukan dengan cara mengkombinasikan kurva *tubing intake* dan kurva IPR. Produksi optimal setiap diameter *tubing* dapat dilihat dari titik perpotongan antara kurva IPR dengan kurva TPR.
6. Analisis Pemilihan Ukuran Diameter *Tubing* yang Sesuai untuk Sumur A-28. Analisis kesesuaian ukuran diameter *tubing* ini digunakan untuk menentukan ukuran diameter *tubing* berapa yang sesuai dilihat dari laju produksi optimal dari setiap ukuran diameter *tubing*. *Tubing* yang sesuai adalah yang memiliki nilai laju produksi optimal diatas atau mendekati nilai laju produksi optimal sumur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 2 menunjukkan nilai *productivity index* dari sumur A-28 menggunakan pers. (1). Tabel 3 merupakan hasil perhitungan dalam pembuatan kurva IPR (*Inflow Performance Relationship*) menggunakan pers. (2) dan pers. (3). Hasil dari perhitungan kurva IPR pada tabel 4 selanjutnya dituangkan kedalam bentuk kurva IPR yang akan menggambarkan hubungan perubahan pada tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) dengan laju produksi fluida (Q_f). Gambar 1 adalah bentuk kurva IPR sumur A-28 berdasarkan Vogel dan gambar 2 adalah bentuk kurva IPR berdasarkan Wiggins.

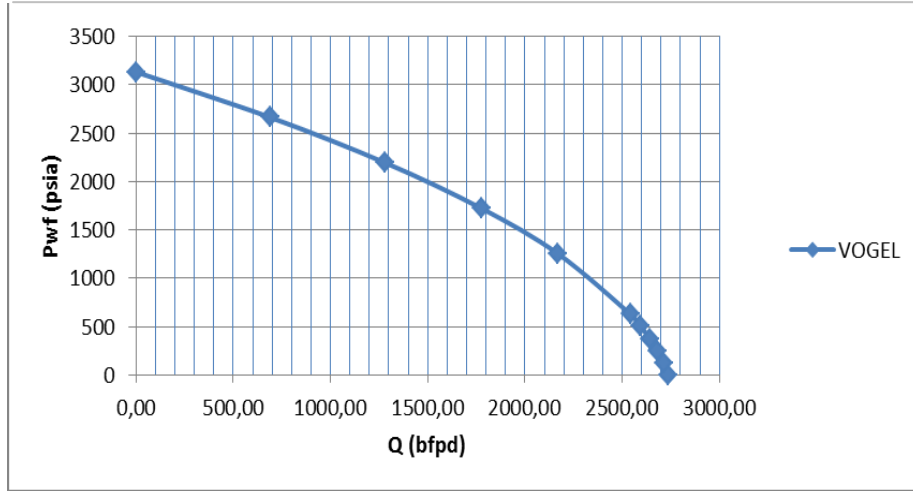
Tabel 2. Nilai *Productivity Index*

Nama Sumur	Nilai <i>Productivity Index</i>	Klasifikasi
A-28	1,37	Sedang

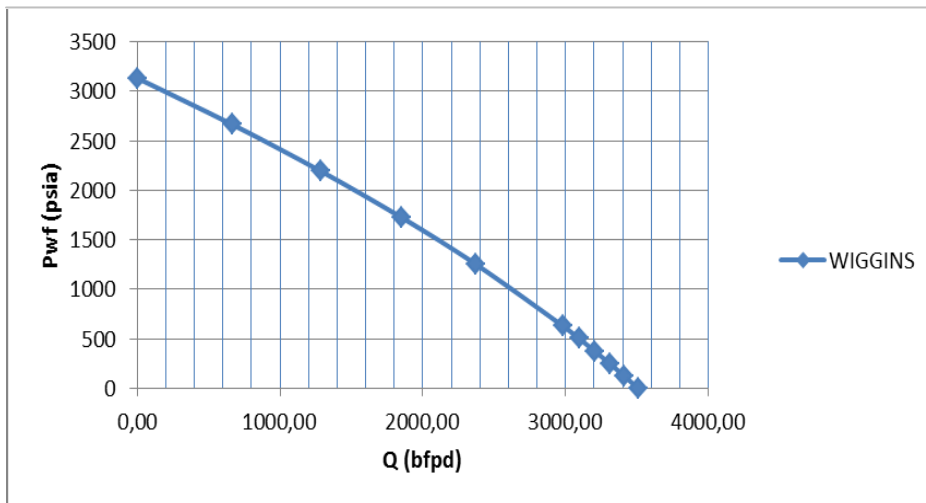
Tabel 3. Hasil Perhitungan Kurva *Inflow Performance Relationship* Sumur A-28

$\frac{P_{wf}}{P_s}$ Anggapan (P_{sia})	Laju Produksi (Q_f) (BFPD)	
	Persamaan Vogel	Persamaan Wiggins
0	2.739,39	3.506,47
0,04	2.713,97	3.408,84
0,08	2.681,54	3.307,66
0,12	2.642,09	3.202,93
0,16	2.595,63	3.094,64
0,20	2.542,16	2.982,80
0,40	2.169,60	2.370,32
0,55	1.775,13	1.852,67
0,70	1.282,04	1.285,07
0,85	690,33	667,51
1	0	0

Hasil perhitungan kurva IPR menggunakan pers. (2) dan pers. (3), keduanya menunjukkan hasil yaitu apabila tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) diperbesar, maka laju produksi (Q_f) akan menurun. Tabel 4 merupakan hasil perhitungan produksi maksimum (Q_{max}) sumur A-28 menggunakan pers. (2) dan per.(3). Tabel 5 merupakan hasil dari perhitungan laju produksi optimal sumur A-28 yaitu 80% dari nilai produksi maksimum (Q_{max}).



Gambar 1. Kurva *Inflow Performance Relationship* Vogel



Gambar 2. Kurva *Inflow Performance Relationship* Wiggins

Tabel 4. Nilai Laju Produksi Maksimal (Q_{max}) Sumur A-28 Menggunakan Persamaan Vogel dan Wiggins.

Nama Sumur	Q_{max} Vogel (bfpd)	Q_{max} Wiggins (bfpd)
A-28	2.739,39	3.506,47

Tabel 5. Nilai Laju Produksi Optimal (Q_{opt}) Sumur A-28 dengan menggunakan persamaan Vogel dan Wiggins.

Nama Sumur	Q_{opt} Vogel (bfpd)	Q_{opt} Wiggins (bfpd)
A-28	2.191,52	2.805,18

Selanjutnya untuk menentukan ukuran diameter *tubing* yang tepat maka dilakukan analisis nodal yaitu dengan mengkombinasikan kurva *Inflow Performance Relationship* dengan kurva *Tubing Intake* hingga keduanya berpotongan. Titik-titik perpotongan tersebut merupakan produksi optimal (Q_{opt}) yang dapat dicapai oleh masing-masing ukuran diameter *tubing*.

Perhitungan dan pembuatan kurva *tubing intake* untuk sumur A-28 dilakukan menggunakan metode analisa sistem nodal pada kepala sumur (P_{wh}). Data yang digunakan adalah data tekanan kepala sumur (P_{wh}) untuk menentukan tekanan alir dasar sumur (P_{wf1} dan P_{wf2}) dari pengukuran menggunakan kurva *pressure traverse*.

Kurva *pressure traverse* yang digunakan adalah kurva *pressure traverse* aliran vertikal. Kriteria kurva *pressure traverse* yang digunakan untuk keadaan sumur A-28 yaitu:

1. Untuk nilai *water cut* 50 % dan 100%
2. Ukuran *tubing*: 2 3/8 in(OD), 2 7/8 in(OD), 3 1/2 in (OD) dan 4 1/2 in(OD)
3. Laju produksi 800 bfpd hingga 4.000 bfpd

Tabel 6 merupakan nilai P_{wf1} dan P_{wf2} menggunakan kurva *pressure traverse*. Pada penelitian ini menggunakan kurva *pressure traverse* dengan dua kondisi *water cut* (WC), yaitu dengan nilai *water cut* 50% dan *water cut* 100%. Hal ini dimaksudkan agar hasil yang didapatkan mendekati kondisi sebenarnya di sumur A-28 yang memiliki nilai *water cut* sebesar 80%.

Setelah melakukan pengukuran pada kurva *pressure traverse*, maka akan didapatkan hasil yaitu nilai P_{wf1} dan P_{wf2} . Nilai P_{wf1} dan P_{wf2} digunakan untuk perhitungan ekstrapolasi agar mendapatkan nilai P_{wfTI} . P_{wfTI} merupakan nilai P_{wf} yang sesuai atau mendekati nilai *water cut* (WC) sumur A-28. Data P_{wfTI} tersebut selanjutnya akan digunakan untuk membuat kurva *tubing intake*. Tabel 7 merupakan hasil perhitungan ekstrapolasi menggunakan pers. (4)

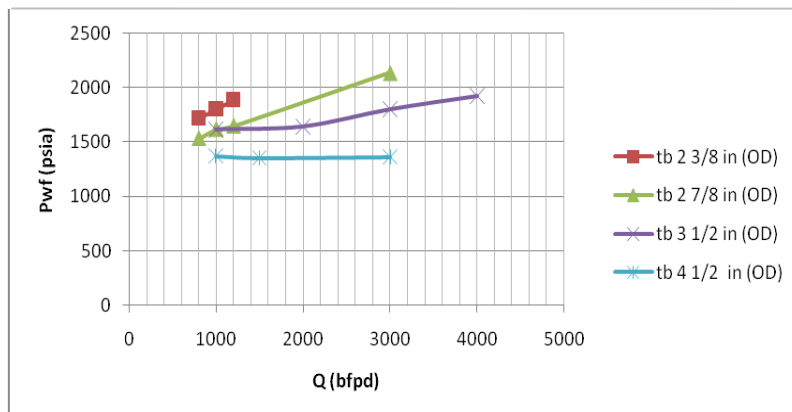
Tabel 6. Nilai P_{wf1} dan P_{wf2} Pada Sumur A-28

NO.	DiameterTubing Inch (OD)	Qf (bfpd)	Pwh (psia)	Pwf 1 (psia)	Pwf 2 (psia)
1.	2 3/8	800	90	1.690	1.740
		1.000	90	1.760	1.830
		1.200	90	1.840	1.920
2.	2 7/8	800	90	1.520	1.540
		1.000	90	1.580	1.640
		1.200	90	1.600	1.680
		3.000	90	2.080	2.170
3.	3 1/2	1.000	90	1.600	1.620
		2.000	90	1.640	1.640
		3.000	90	1.760	1.830
		4.000	90	1.920	1.930
4.	4 1/2	1.000	90	1.380	1.360
		1.500	90	1.340	1.360
		3.000	90	1.360	1.360

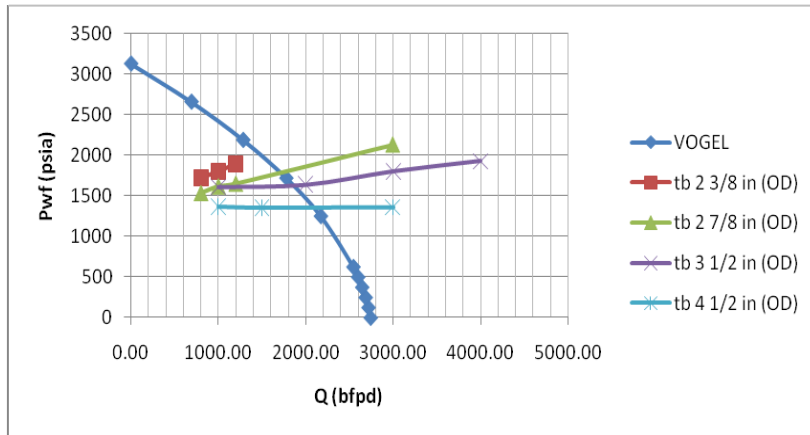
Tabel 7. Nilai P_{wfTI} Hasil Perhitungan Ekstrapolasi Sumur A-28

NO.	Diameter Tubing Inch (id)	Qf (bfpd)	Pwf 1 (psia)	Pwf 2 (psia)	Pwf _{TI} (psia)
1.	2 3/8	800	1.690	1.740	1.720
		1.000	1.760	1.830	1.802
		1.200	1.840	1.920	1.888
2.	2 7/8	800	1.520	1.540	1.532
		1.000	1.580	1.640	1.616
		1.200	1.600	1.680	1.648
		3.000	2.080	2.170	2.134
3.	3 1/2	1.000	1.600	1.620	1.612
		2.000	1.640	1.640	1.640
		3.000	1.760	1.830	1.802
		4.000	1.920	1.930	1.926
4.	4 1/2	1.000	1.380	1.360	1.368
		1.500	1.340	1.360	1.352
		3.000	1.360	1.360	1.360

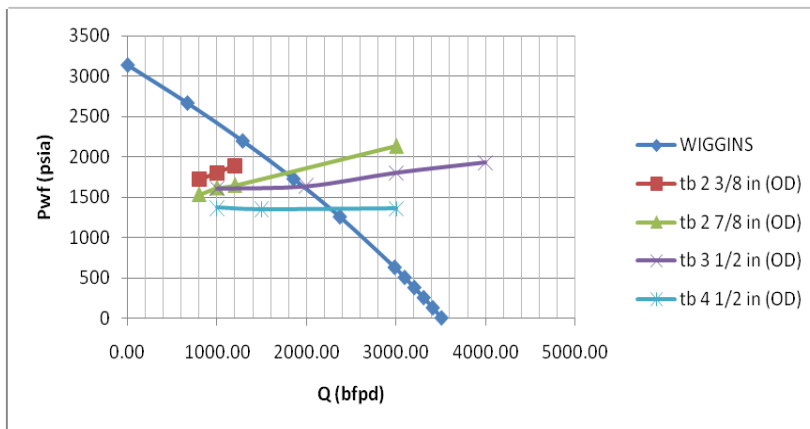
Berdasarkan data pada tabel 7 diatas, maka bentuk kurva *tubing intake* untuk sumur A-28 adalah seperti pada gambar 4. Setelah didapatkan model kurva *tubing intake* tersebut, selanjutnya untuk memilih ukuran diameter *tubing* yang tepat dan sesuai dengan kemampuan produksi sumur A-28 dilakukan analisis sistem nodal dengan cara mengkombinasikan antara kurva *tubing intake* dan kurva IPR (*inflow Performance Relationship*). Gambar 5 adalah gambar hasil dari kombinasi antara kurva *tubing intake* dan kurva IPR (*inflow Performance Relationship*) berdasarkan pers. (2) dan gambar 6 berdasarkan pers. (3) untuk sumur A-28.



Gambar 4. Kurva *Tubing Intake* Sumur A-28



Gambar 5. Kombinasi Kurva *Tubing Intake* dan Kurva IPR Vogel



Gambar 6. Kombinasi Kurva *Tubing Intake* dan Kurva IPR Wiggins

Tabel 8 merupakan nilai target produksi optimal (Q_{opt}) setiap diameter *tubing* hasil analisa sistem nodal pada sumur A-28 setelah mengkombinasikan kurva *tubing intake* dan kurva IPR. Ukuran diameter *tubing* yang sesuai adalah ukuran *tubing* yang mampu mencapai atau mendekati target laju produksi optimal sumur migas. Tabel 9 adalah data kesesuaian ukuran diameter *tubing* terhadap laju produksi optimal sumur A-28.

Tabel 8. Nilai Target Laju Produksi Optimal Sumur A-28

NO.	Versi	Ukuran Tubing (Inch)	Qopt (Bfpd)
1.	Vogel	2 3/8	-
		2 7/8	1.750
		3 1/2	1.870
		4 1/2	2.150
2.	Wiggins	2 3/8	-
		2 7/8	1.790
		3 1/2	2.000
		4 1/2	2.350

Tabel 9. Kesesuaian Ukuran Diameter *Tubing* Terhadap Laju Produksi Optimal.

Versi	Dt (Inch)	Qopt Capaian (bfpd)	Qopt Target (bfpd)	Keterangan
Vogel	2.3/8	-	2191,52	Tidak Tercapai
	2.7/8	1750		Tidak Tercapai
	3.1/2	1870		Tidak Tercapai
	4.1/2	2150		Tidak Tercapai
Wiggins	2.3/8	-	2805,18	Tidak Tercapai
	2.7/8	1790		Tidak Tercapai
	3.1/2	2000		Tidak Tercapai
	4.1/2	2350		Tidak Tercapai

Berdasarkan dari perhitungan dan analisa yang dilakukan pada sumur A-28, penggunaan ukuran diameter *tubing* saat ini yaitu 2 7/8 inch (OD) mampu memproduksi sebesar 1.248 bfpd. Ukuran diameter *tubing* tersebut dinilai tidak sesuai dan tidak dapat mencapai produksi optimal (Qopt) sumur A-28 yaitu sebesar 2191,52 bfpd berdasarkan pers. (2) dan 2.805,18 bfpd berdasarkan pers. (3). Dari hasil analisa untuk sumur A-28, maka ukuran diameter *tubing* 4 1/2 in (OD) adalah ukuran diameter *tubing* yang paling sesuai dan mendekati nilai target laju produksi optimal sumur A-28 yaitu 2.150 bfpd berdasarkan pers. (2) dan 2.350 bfpd berdasarkan pers. (3).

4. KESIMPULAN

1. Untuk sumur A-28 dengan *tubing* diameter 2 7/8 inch (OD) memproduksi sebanyak 1.248 bfpd. Berdasarkan persamaan Vogel didapatkan laju aliran optimal (Qopt) fluida yang bisa dicapai sebesar 2.191,52 bfpd dan menurut persamaan Wiggins sebesar 2.805,18 bfpd.
2. Ukuran diameter *tubing* yang digunakan pada sumur A-28 saat ini yaitu 2 7/8 in (OD), terlalu kecil dan tidak dapat mencapai nilai laju produksi optimal yang ditargetkan yaitu 2.191,52 bfpd berdasarkan persamaan Vogel dan 2.805,18 bfpd berdasarkan persamaan Wiggins.
3. *Tubing* yang paling sesuai untuk sumur A-28 adalah ukuran 4 1/2 in (OD) dengan laju produksi optimal sebesar 2.150 bfpd berdasarkan persamaan Vogel dan 2.350 bfpd berdasarkan persamaan Wiggins.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guo, B., Lyons, W., and Ghalambor, A. (2007). *Petroleum Production Engineering*. Lafayette: Elsevier Science & Technology Books.
- [2] Doniko. (2014). Evaluasi Teknis dan Ekonomis Well Completion Untuk Ukuran Tubing Pada Sumur Minyak X-26 di PT. Pertamina EP Asset 2 Pendopo Field. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2 (5) : 2-7.
- [3] Joseph, Z. (1949). *Practical Petroleum Engineers Handbook Third Edition*. New York: Gulf Publishing Company.
- [4] Allen, T., and Roberts, A. (1978). *Production Operation*. Tulsa Oklahoma: Oil & Gas Consultants International Inc.
- [5] Anonim. (2016). *Sonolog Pendopo Field*. PT Pertamina EP Asset 2 Lapangan Pendopo.

- [6] Fahmi. (2016). *Evaluasi Hasil Penggunaan Ukuran Tubing dan Dampaknya Terhadap Laju Produksi Sumur JRK-193 dan JRK-091 dengan Sistem Analisis Nodal di Lapangan PT. Pertamina EP Asset 2 Pendopo Field*. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya.
- [7] Brown, K., and Beggs, D. (1984). *The Technology Of Artificial Lift Methods Vol 1*. Tulsa Oklahoma, USA: Pennwell Publishing Company.
- [8] Ahmed, T. (2006). *Reservoir Engineering Handbook Third Edition*. United State of America: Elsevier's Science & Technology.
- [9] Wiggins, M. (1994). Generalized Inflow Performance Relationships for Three Phase Flow. *Paper SPE 25458 pada The 1993 SPE Production Operations Symposium*, Oklahoma City.
- [10] Akbar, G. (2016). *Evaluasi Ukuran Diameter Tubing Untuk Mengoptimalkan Produktifitas Sumur Migas MJ-123 di Lapangan Mangunjaya PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba*. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya.