

Pengaruh Type Rod dan Efisiensi Volumetrik terhadap Kinerja Pompa Beam

Ilman Muhammad Azmi¹, Gaguk Jatisukamto¹, Hary Sutjahjono¹

¹Mechanical Engineering Department, Universitas Jember, Jember, Indonesia

Corresponding author email : ilmanmazmi23@yahoo.com

Abstrak

Produktivitas pompa balok dipengaruhi oleh jenis batang pengisap, kualitas bahan, dan efisiensi volumetrik. Oleh karena itu, beam pump harus dirancang untuk mencapai kondisi yang optimal. Jenis batang mempengaruhi kemampuan pompa balok untuk mengangkat cairan dari reservoir minyak ke permukaan serta kebutuhan tenaga kuda untuk mengoperasikan pompa. Di sisi lain, produktivitas pompa juga dipengaruhi oleh karakteristik batuan dan fluida reservoir seperti produktivitas reservoir, rasio cairan gas, salinitas dan Hidrogen Sulfida (H₂S) yang terkandung dalam fluida reservoir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Pengaruh Jenis Batang dan Efisiensi Volumetrik terhadap Kinerja Pompa Balok pada Sumur X-1 dan Estimasi Produksi di masa yang akan datang. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap beberapa jenis batang untuk mengetahui efisiensi pengangkatan cairannya. Berdasarkan hasil analisis, produksi dan efisiensi pengangkatan cairan tertinggi dicapai dengan penerapan ROD 96/05. Laju produksi cairan dan efisiensi pengangkatan jenis batang adalah 1132 bpd dan 15,6. Penerapan material batang pengisap dengan kualitas yang lebih baik (API grade D) dan kondisi fluida yang kurang korosif (air asin) akan mampu menghasilkan fluida dengan laju aliran yang lebih tinggi. Selain itu, pengaruh rasio crank-pitman terhadap laju produksi tidak besar. Pompa dengan efisiensi volumetrik yang lebih rendah membutuhkan kecepatan pompa dan tenaga kuda yang lebih tinggi untuk menghasilkan fluida dengan laju aliran yang sama dengan pompa dengan efisiensi volumetrik yang tinggi. Namun, pompa dengan efisiensi volumetrik rendah memiliki beban puncak (PPRL) yang lebih rendah.

Kata kunci: Pompa Batang Pengisap, Kecepatan Pompa, Panjang Langkah, Optimasi, Masa Depan

Abstract

The productivity of the beam pump is influenced by the sucker rod type, material quality, and volumetric efficiency. Therefore, the beam pump should be designed to reach an optimum condition. The type of rod affects ability of the beam pump to lift liquid up from an oil reservoir to the surface as well as the horse power requirement to operate the pump. On the other hand, the productivity of the pump is also influenced by the characteristics of the reservoir rock and fluid such as reservoir productivity, gas liquid ratio, salinity and Hydrogen Sulfide (H₂S) which are contained in the reservoir fluid. The purpose of this study is to observe Effect of Rod Type and Volumetric Efficiency on the Performance of a beam pump at X-1 well and production estimation in the future. In this research, several rod types were tested to find their liquid lifting efficiency. Based on result analysis, the highest production as well as liquid lifting efficiency is attained by applying ROD 96/05. The liquid production rate and lifting efficiency of the rod type are 1132 bpd and 15.6. The application of better quality sucker rod material (API grade D) and less corrosive fluid conditions (salt water) will be able to produce fluid with a higher flow rate. Furthermore, the effect of the crank-pitman ratio on the production rate is not large. Lower volumetric efficiency pumps require higher pump speed and horsepower to produce fluid with the same flow rate as high volumetric efficiency pumps. However, pumps with low volumetric efficiency have lower peak loads (PPRL).

Keywords: Sucker Rod Pump, Pump Speed, Stroke Length, Optimization, Future

I. PENDAHULUAN

Reservoir minyak "L" merupakan salah satu reservoir di Lapangan "X". Lapangan "X" merupakan lapangan tua (mature field) yang telah diproduksi. Lapangan "X" terletak di Provinsi Kalimantan Selatan. Hampir semua sumur di Reservoir X menggunakan pompa angguk (beam pump) atau pompa listrik/electric submersible pump (ESP). Lapangan "X" mulai memproduksi minyak dari sumur pertama dari Lapisan A (Sumur A-1) yaitu pada akhir 1937. Pada saat ini terdapat

ratusan sumur pada Lapangan "X" tersebut (Sabaruddin, dkk, 2019). Pompa angguk merupakan pompa yang mudah pengoperasiannya dan paling umum digunakan pada sumur minyak. Penggunaan pompa angguk mencapai 70% dari sumur-sumur yang menggunakan pengangkatan buatan di seluruh dunia.

Sumur X-100 merupakan salah satu sumur di reservoir "L". Tekanan reservoir pada saat awal sumur tersebut diproduksi adalah sebesar 1628 psi. Pada saat ini tekanan reservoir telah turun menjadi 1100 psi.

Dalam studi ini, dilakukan desain pompa angguk untuk diterapkan pada sumur X-100. Dalam upaya memperoleh desain pompa angguk yang optimum, diperlukan pemahaman parameter-parameter apa saja yang mempengaruhi laju produksi (Orji, dkk, 2016). Dalam studi ini dilakukan analisis pengaruh beberapa parameter seperti: jenis rod, kualitas material/baja dan kandungan fluida, rasio crank terhadap pitman, serta efisiensi volumetrik terhadap kinerja pompa angguk. Efisiensi volumetrik adalah rata-rata persentase volume fluida produksi terhadap volume plunger.

Sebagaimana disebutkan di atas, tekanan reservoir berkurang seiring dengan bertambahnya laju produksi. Penurunan tekanan reservoir berpengaruh terhadap kinerja pompa angguk. Oleh karena itu, dalam paper ini juga dilakukan perhitungan dan analisis akibat penurunan tekanan reservoir terhadap penurunan laju produksi di masa yang akan datang.

II. METODOLOGI

Prosedur penelitian secara garis besar diperlihatkan pada Gambar 1. Data yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 1 meliputi data sifat batuan dan fluida reservoir minyak, serta data sumur (Sabaruddin, dkk, 2019).

Langkah-langkah pengolahan dan perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Plot kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) dengan persamaan IPR yaitu hubungan tekanan dan aliran fluida dari reservoir ke dasar. Kurva ini disebut kurva *inflow*. Plot juga kurva-kurva IPR di masa mendatang (Brown, dkk, 1984).
2. Plot kurva *Pump Intake Pressure*. Kurva ini disebut juga kurva *outflow* yaitu hubungan antara tekanan dan aliran fluida dari dasar sumur ke kepala sumur (Brown, dkk, 1984, p11).. Untuk membuat kurva *outflow*, diperlukan untuk menghitung konstanta a, b,

dan c. Prosedur yang diperlukan untuk menghitung konstanta-konstanta tersebut adalah sebagai berikut (Brown, dkk, 1984, p11):

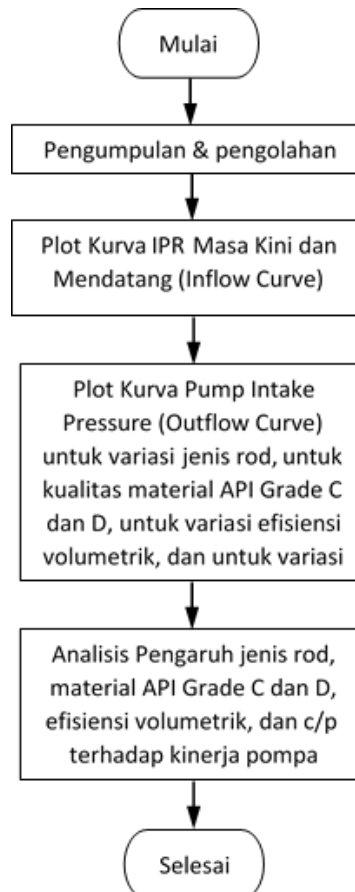
- a. Pilih jenis sucker rod.
 - b. Pilih kualitas material/baja dan kandungan fluida (NaCl atau H₂S).
 - c. Pilih crank to pitman ratio (c/p).
 - d. Hitung luas penampang Plunger.
 - f. Hitung konstanta K.
 - g. Hitung berat sucker rod di udara, W_r.
 - h. Hitung konstanta b dan c.
 - j. Hitung luas penampang bagian Sucker Rod paling atas, A_{Tr}.
 - k. Ukur/hitung berat jenis/specific gravity minyak dan air.
 - l. Tetapkan efisiensi volumetrik, yaitu rata-rata persentase volume fluida yang mengisi volume plunger. Efisiensi volumetrik dapat diperkirakan dari laju volume cairan (minyak + air) yang terproduksi.
 - m. Hitung berat cairan yang mengisi Plunger (W_f).
 - n. Hitung parameter a.
 - o. Plot kurva *Pump Intake Pressure* (Kurva *Outflow*).
3. Ulangi langkah 2 untuk beberapa jenis Sucker Rod, yaitu Rod 86/5, Rod 88/05, Rod 96/05, dan Rod 99/05. Analisis efek penggunaan berbagai jenis sucker rod terhadap laju produksi dan efisiensi pengangkatan fluida (Brown, dkk, 1984, p11).
 4. Ulangi langkah 2 untuk beberapa kualitas material / baja dan kandungan fluida, yaitu: Kualitas rod API grade C dengan kandungan fluida H₂S (hidrogen sulfide), Kualitas rod API grade C dengan kandungan garam/salinity (NaCl), dan Kualitas rod API grade C dengan kandungan fluida H₂S (hidrogen sulfide). Analisis efek penggunaan berbagai jenis kualitas sucker rod dan kandungan fluida NaCl atau H₂S terhadap laju produksi (Brown, dkk, 1984., p11).

Tabel 1. Data Reservoir dan Sumur

Parameter	Well X-1
Tekanan Reservoir, P_r , psi	1100
Tekanan Gelembung/Didih, P_b , psi	1400
Laju Alir Maksimum, q_{max} , bpd	2187
Spesifik Gravity Air, SGW	1.06
Spesifik Gravity Minyak, SGO	0.83
Spesifik Gravity Gas, SGG	0.6
Water Cut, WC, %	97.6
Diameter Casing (ID), inch	6.336 (7"OD)
Diameter Tubing (ID), inch	2.875
Tekanan Kepala Sumur, P_{wh} , psi	110
Kedalaman Pompa, ft	3788
Temperatur Dasar Sumur, °F	140

5. Ulangi langkah 2 untuk beberapa rasio crank terhadap pitman / crank to pitman ratio (c/p). Analisis efek penggunaan crank to pitman ratio (c/p) terhadap laju produksi (Brown, dkk, 1984, p11).
6. Ulangi langkah 2 untuk beberapa efisiensi volumetrik yaitu 40%, 60%, 80%, dan 100%.

Analisis efek efisiensi volumetrik terhadap beberapa parameter seperti perkalian stroke length dan pump speed kuadrat (SN^2), brake horsepower, dan peak polished rod load (PPRL) (Brown, dkk, 1984, p 11-12).

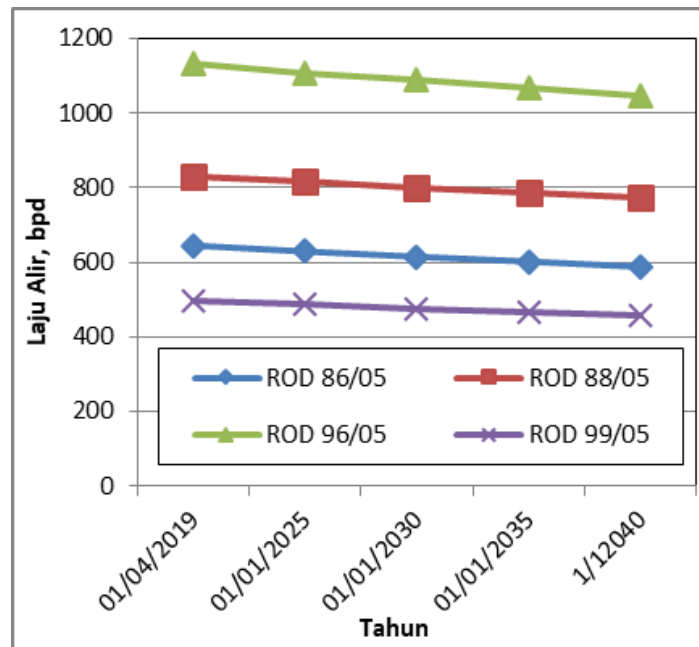


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

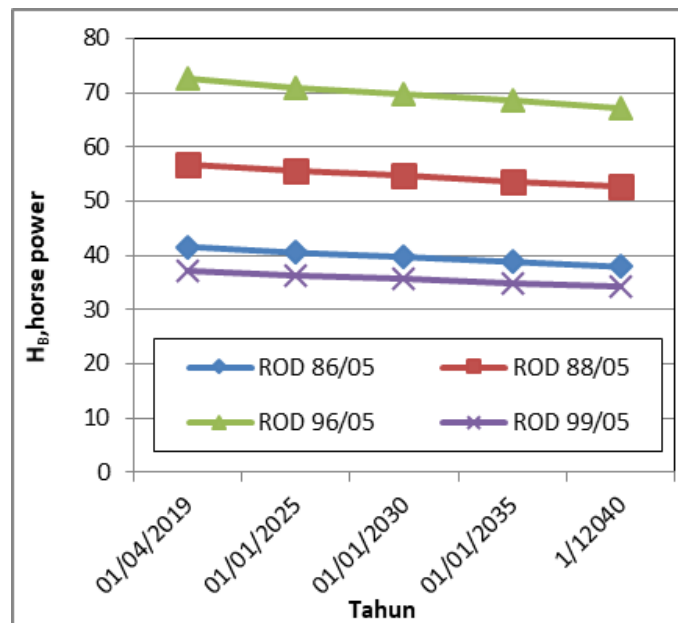
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan jenis sucker rod yang berbeda memberikan laju produksi dan kebutuhan horse power yang berbeda. Gambar 2 hingga 4 berturut-turut memperlihatkan laju produksi (q), horse power yang dibutuhkan (H_b), dan efisiensi produksi (H_p), untuk beberapa jenis batang baja sucker rod yaitu jenis ROD 86/05, ROD 88/05, ROD 96/05, dan ROD 99/05. Gambar 2 memperlihatkan penurunan laju alir untuk penggunaan jenis-jenis rod tersebut dengan

berjalannya waktu produksi. Di samping pada Gambar 3 terlihat bahwa brake horse power yang dibutuhkan oleh pompa angguk juga semakin berkurang. Hal ini disebabkan volume fluida yang dipompa ke permukaan lebih sedikit dengan berkurangnya laju produksi di masa mendatang, sehingga daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa juga berkurang.



Gambar 2. Perbandingan Laju Produksi untuk Berbagai Jenis Sucker Rod

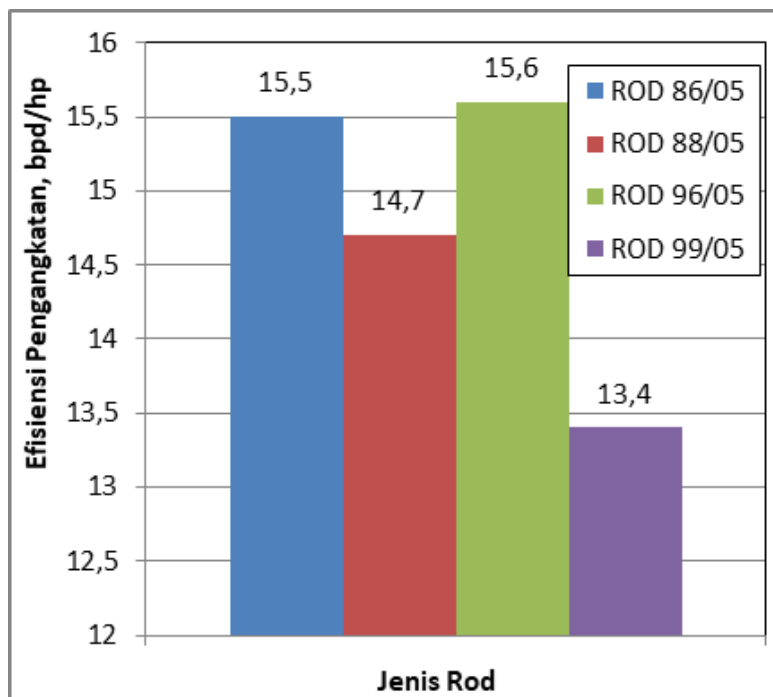


Gambar 3. Perbandingan Brake Horsepower untuk Berbagai Jenis Sucker Rod

Perbandingan kinerja batang baja sucker rod diperlihatkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terlihat bahwa laju alir yang dihasilkan dengan penggunaan rangkaian sucker rod jenis ROD 96/05 adalah yang tertinggi yaitu antara 1046 bpd hingga 1132 bpd. Sedangkan laju alir terendah diberikan oleh penggunaan sucker rod jenis ROD 99/05 dengan laju 458 bpd hingga 496 bpd.

Efisiensi pengangkatan diberikan oleh parameter laju alir per horse power (q/Hb) yang menyatakan berapa banyak laju produksi liquid untuk setiap satu horse power. Laju alir per horse

power diberikan pada Gambar 4. Gambar tersebut memperlihatkan perbandingan laju alir per horse power untuk ke empat jenis sucker rod. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa jenis ROD 96/05 memberikan efisiensi pengangkatan fluida tertinggi yaitu 15.6 bpd/hp sedangkan efisiensi terendah diberikan oleh ROD 99/05 yaitu sebesar 13.4 bpd/hp.



Gambar 4. Perbandingan Efisiensi Pengangkatan Fluida untuk Berbagai Jenis Sucker Rod

Jenis material sucker rod (batang pengisap) dengan API grade C mempunyai kekuatan regangan minimum atau *minimum tensile strength* (T) sebesar 90000 psi. Apabila rod (batang besi) digunakan dalam sumur minyak yang mengandung fluida korosif seperti air asin atau gas H₂S (Hidrogen Sulfida) maka kekuatan batang baja (sucker rod) tersebut dikalikan faktor pelayanan (service factor) berturut-turut sebesar 0.65 dan 0.50 sebagaimana diberikan pada Tabel 2.4. Dalam hal ini gas H₂S (Hidrogen Sulfida) lebih bersifat korosif dibandingkan dengan air asin. Sedangkan untuk sucker rod dengan API grade D mempunyai kualitas lebih tinggi dengan minimum tensile strength (T) sebesar 115000 psi. Untuk kondisi

sumur minyak mengandung gas H₂S (Hidrogen Sulfida) maka kekuatan batang baja (sucker rod) tersebut dikalikan faktor pelayanan 0.70.

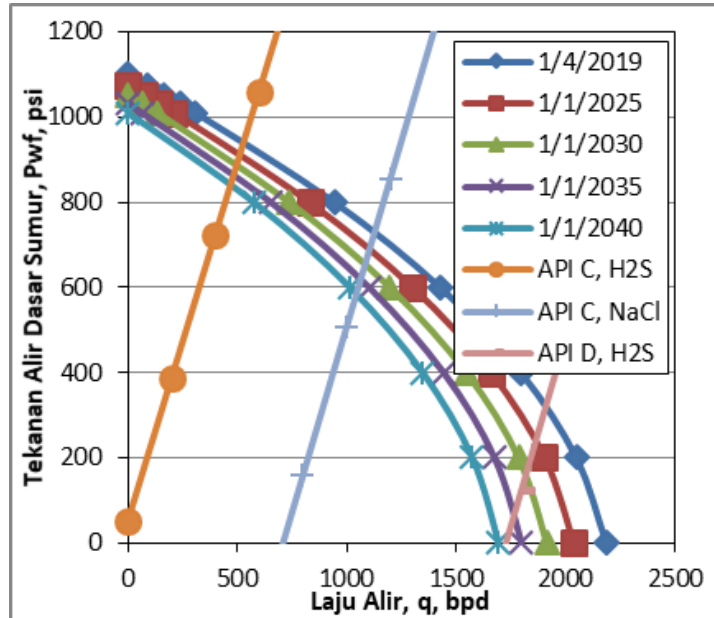
Gambar 5 memperlihatkan efek penggunaan jenis material sucker rod dan fluida korosif terhadap produksi. Gambar tersebut menunjukkan bahwa penggunaan material sucker rod dengan kualitas lebih baik (API grade D) serta kondisi fluida yang kurang korosif (air asin) akan mampu memproduksi fluida dengan laju alir lebih tinggi.

Crank merupakan sepasang tangkai yang menghubungkan crank shaft pada gear reducer dengan counterbalance. Pada crank ini terdapat lubang-lubang tempat pitman bearing. Besar kecilnya langkah atau stroke pemompaan yang

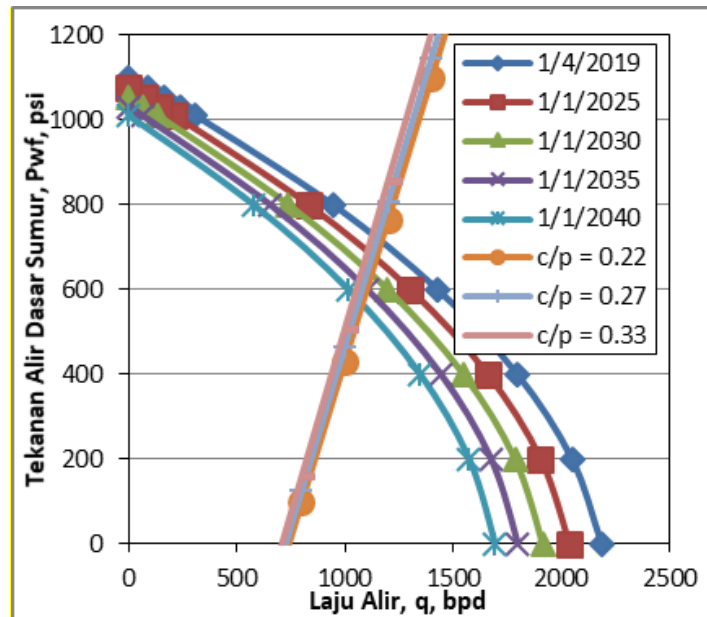
Pengaruh Type Rod dan Efisiensi Volumetrik terhadap Kinerja Pompa Beam

diinginkan dapat diatur disini, dengan cara mengubah-ubah pitman bearing. Sedangkan pitman adalah penghubung antara walking beam pada equalizer hearing dengan crank. Lengan pitman merubah gerakan berputar menjadi gerakan naik turun. Perubahan rasio crank terhadap pitman

(c/p) akan mengubah stroke length (S) dan pump speed (N).



Gambar 5. Efek Penggunaan Material Sucker Rod dan Kandungan Fluida Terhadap Produksi



Gambar 6. Pengaruh Rasio Crank-Pitman terhadap Produksi

Gambar 6 memperlihatkan pengaruh rasio crank – pitman terhadap laju produksi.

Sebagaimana diberikan pada Tabel 2.5 nilai rasio crank – pitman untuk sucker rod jenis konvensional

bervariasi antara 0.22 hingga 0.33. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi harga rasio crank – pitman menghasilkan laju alir yang lebih rendah. Namun efek variasi rasio crank – pitman terhadap laju produksi tidak besar.

Efisiensi volumetrik plunger adalah persentase volume fluida rata-rata yang mengisi volume plunger setiap penimbaan (pemompaan). Pada perhitungan di atas ditetapkan efisiensi volumetrik sebesar 80%. Dalam kenyataanya

efisiensi volumetrik dapat berfluktuasi dan berubah dengan berjalannya waktu produksi.

Efek efisiensi volumetrik terhadap kinerja pompa angguk dapat dianalisa dengan menggunakan langkah perhitungan yang sama. Tabel 2 hingga 4 memperlihatkan efek efisiensi volumetrik berturut-turut terhadap Stroke Length (S) dan Pump Speed (N), Brake Horsepower (hp), serta Peak Polished Rod Load (PPRL).

Tabel 2. Efek Efisiensi Volumetrik Plunger terhadap Stroke Length dan Pump Speed

Tanggal	SN ² , inch spm ²			
	E _v =100%	E _v =80%	E _v =60%	E _v =40%
1/4/2019	24293	30366	40488	60733
1/1/2025	23735	29669	39559	59338
1/1/2030	23349	29186	38915	58372
1/1/2035	22898	28623	38164	57245
1/1/2040	22448	28059	37413	56119

Tabel 3. Efek Efisiensi Volumetrik Plunger terhadap Brake Horsepower

Tanggal	Brake Horsepower, hp			
	E _v =100%	E _v =80%	E _v =60%	E _v =40%
1/4/2019	68.09	72.64	80.21	95.35
1/1/2025	66.53	70.97	78.37	93.16
1/1/2030	65.45	69.81	77.09	91.65
1/1/2035	64.18	68.47	75.60	89.88
1/1/2040	62.92	67.12	74.11	88.11

Tabel 4. Efek Efisiensi Volumetrik Plunger terhadap PPRL

Tanggal	PPRL, lb			
	E _v =100%	E _v =80%	E _v =60%	E _v =40%
1/4/2019	16766	16573	16252	15609
1/1/2025	16783	16595	16281	15653
1/1/2030	16796	16610	16302	15684
1/1/2035	16810	16628	16325	15720
1/1/2040	16824	16646	16349	15755

Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk memproduksi laju alir yang sama, pompa dengan efisiensi volumetrik yang rendah memerlukan Stroke Length dan Pump Speed yang lebih tinggi. Tabel 3 memperlihatkan bahwa pompa dengan efisiensi volumetrik yang rendah memerlukan daya

horse power yang tinggi untuk memproduksi laju alir yang sama. Hal ini disebabkan pompa tersebut harus memompa lebih cepat. Sedangkan Tabel 4 menunjukkan bahwa untuk pompa dengan efisiensi volumetrik yang rendah mempunyai beban puncak (PPRL) dan beban minimum (MPRL) yang lebih

rendah. Hal ini disebabkan laju alir fluida (volume fluida dalam plunger) yang dipompa lebih sedikit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perbandingan laju alir dan efisiensi produksi, maka dipilih rangkaian jenis sucker rod ROD 96/05 memberikan laju alir 1132 bpd dan efisiensi pengangkatan fluida tertinggi yaitu 15.6 bpd/hp.
2. Penggunaan material sucker rod dengan kualitas lebih baik (API grade D) serta kondisi fluida yang kurang korosif (air asin) akan mampu memproduksi fluida dengan laju alir lebih tinggi.
3. Harga rasio crank – pitman (c/p) yang lebih tinggi menghasilkan laju alir yang lebih rendah. Namun efek rasio crank – pitman terhadap laju produksi tidak besar.
4. Pompa berefisiensi volumetrik yang lebih rendah memerlukan pump speed dan horsepower yang lebih tinggi untuk memproduksi fluida dengan laju alir yang sama dengan pompa berefisiensi volumetrik tinggi. Akan tetapi pompa dengan efisiensi volumetrik yang rendah mempunyai beban puncak (PPRL) yang lebih rendah. Hal ini disebabkan laju alir fluida (volume fluida dalam plunger) yang dipompa lebih sedikit.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Sabaruddin, M. F. Azmi, I. M., Firdaus, C. E. F., and Shahrazade, M. R., 2019, Optimization and Prediction of Sucker Rod Pump Performance on Well X-1 in Field X in the Future”. *Journal of Earth Energy Science, Engineering, and Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 97-101.
- Clarke, F. and Malone, L., 2016. Sucker Rod Pumping in the Eagle Ford Shale Field Study, Society of Petroleum Engineers, SPE-181214-MS.
- Dave, M. K. and Mustafa, M. G., 2017. Performance Evaluations of the Different Sucker Rod Artificial Lift Systems, Society of Petroleum Engineers, SPE-189231-MS.
- Orji, E., Lissanon, J., and Omole, O., 2016. Sucker Rod Lift System Optimization of an Unconventional Well, Society of Petroleum Engineers, SPE-181242-MS.
- Brown, K. E., 1984. *The Technology of Artificial Lift Methods*, vol. 1. Tulsa, OK: PennWell Publishing Company.
- Brown, K. E., 1984. *The Technology of Artificial Lift Methods*, vol. 4. Tulsa, OK: PennWell Publishing Company.
- Beggs, H. D. 2008. *Production Optimization Using Nodal Analysis*. Oil and Gas Consultants International. Oklahoma.
- Eickmeier, J.R. 1968. How to Accurately Predict Future Well Productivities. *World Oil*, May, 99.
- M. A. Klins and J. W. Clark III, 1993. An Improved Method To Predict Future IPR Curves. Society of Petroleum Engineers, SPE-20724-PA. <https://doi.org/10.2118/20724-PA>.
- Ahmed, T., 2019. *Reservoir Engineering Handbook*, Fifth Edition. Burlington, MA: Gulf Professional Publishing.
- Brown, K. E., 1984. *The Technology of Artificial Lift Methods*, vol. 2A. Tulsa, OK: PennWell Publishing Company.
- Takacs, G. and Gajda, M., 2014. The Ultimate Sucker-Rod String Design Procedure, Society of Petroleum Engineers, SPE-170588-MS.