

EVALUASI POTENSI PRODUKSI SUMUR BERDASARKAN *INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP* PADA *SUCKER ROD PUMP*

Erlin Agustina Aisyiah¹, Gerry Sasanti Nirmala^{1*}

¹Teknik Produksi Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No 58 Cepu, Blora, 58312

*E-mail: gerry.nirmala@esdm.go.id

ABSTRAK

Secara bertahap, banyak sumur minyak mengalami penurunan produksi akibat turunnya tekanan reservoir dan meningkatnya hambatan aliran fluida. Agar menjaga produksi tetap optimal, digunakan sistem pengangkatan buatan seperti *Sucker Rod Pump (SRP)*. Tetapi, kinerja *SRP* tidak selalu maksimal karena pengaturan parameter operasinya belum sesuai kondisi sumur. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi produksi sumur minyak yang menggunakan *SRP* dengan pendekatan *Inflow Performance Relationship (IPR)*. Melalui analisis hubungan antara laju aliran fluida dan tekanan dasar sumur, diperoleh gambaran kemampuan sumur saat menghasilkan fluida. Data *tekanan reservoir*, *tekanan dasar alir*, dan *laju produksi* digunakan untuk membuat kurva *IPR* serta memperkirakan kapasitas maksimum sumur. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan antara potensi produksi teoritis dan hasil aktual *SRP* yang disebabkan oleh penurunan tekanan reservoir, kerugian mekanis, dan kehilangan fluida dalam tubing. Saat ini sumur memproduksi 475 *BFPD* dengan *stroke length* 86, 6 *SPM*, dan *plunger* 2,75 inci. Setelah optimasi menjadi *stroke length* 120, 4 *SPM*, dan *plunger* 3,75 inci, produksi meningkat menjadi 550 *BFPD*. Rekomendasi diberikan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas sumur.

Kata kunci: Efisiensi Pompa, *Inflow Performance Relationship (IPR)*, *Sucker Rod Pump*.

1. PENDAHULUAN

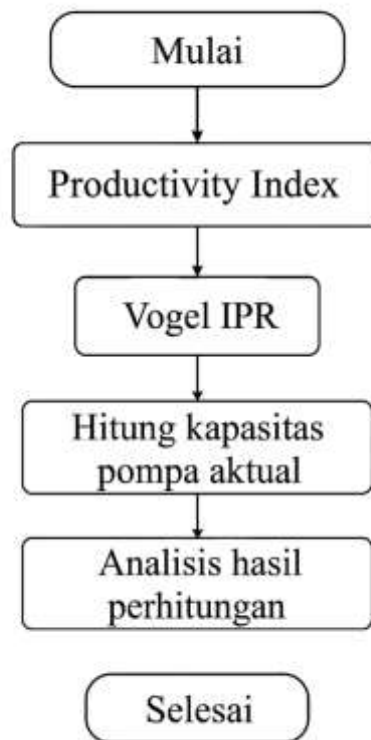
Dalam jangka waktu tertentu, tekanan alami reservoir minyak berpotensi menurun sehingga kemampuan sumur untuk berproduksi berkurang. Pada kondisi tersebut, dibutuhkan metode optimasi produksi pada *Sucker Rod Pump (SRP)* untuk mempertahankan kinerja produksi pada tingkat yang optimal. Diantara berbagai teknologi yang paling sering digunakan adalah *Sucker Rod Pump (SRP)*, karena desainnya sederhana, perawatannya mudah, serta cocok diterapkan pada sumur berkarakteristik viskositas rendah hingga sedang. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *Sucker Rod Pump (SRP)* mampu meningkatkan laju produksi secara signifikan pada sumur dengan tekanan formasi menurun.

Meskipun demikian, hasil produksi aktual sumur dengan *Sucker Rod Pump (SRP)* sering kali belum mencapai potensi maksimalnya. Hal ini menandakan adanya perbedaan antara kemampuan formasi dalam mengalirkan fluida dan kinerja sistem pompa yang terpasang. Untuk menganalisis perbedaan tersebut, diterapkan metode *Inflow Performance Relationship (IPR)* yang menjelaskan keterkaitan antara tekanan dasar sumur dengan laju aliran fluida yang masuk ke dasar sumur.

Dengan menggunakan analisis *Inflow Performance Relationship*, potensi produksi maksimum (*maximum deliverability*) dapat diestimasi dan dibandingkan terhadap kinerja nyata dari sistem *Sucker Rod Pump (SRP)*. Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa *IPR* efektif digunakan untuk menentukan target laju produksi realistis dan membantu dalam perancangan parameter operasi pompa seperti panjang langkah dan kecepatan pompa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi produksi sumur yang menggunakan *sucker rod pump* berdasarkan analisis *ipr*, membandingkan hasil teoritis dengan data aktual, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan deviasi kinerja. Hasil evaluasi diharapkan dapat menjadi referensi dalam optimasi sistem artificial lift dan perencanaan operasi *sucker rod pump* pada sumur berdebit rendah.

2. METODE



Gambar 1. Diagram alir

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menggunakan metode Inflow Performance Relationship (IPR) untuk menilai potensi produksi pada sumur minyak yang dioptimalkan melalui sistem pengangkatan buatan *Sucker Rod Pump (SRP)*. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana performa aktual *SRP* mampu memanfaatkan potensi produksi yang dimiliki sumur berdasarkan karakteristik reservoirnya. Data yang digunakan bersumber dari data sekunder hasil pengujian lapangan dan catatan produksi yang mencakup tekanan *reservoir* (P_r), tekanan dasar sumur mengalir (P_{wf}), laju produksi fluida (q), serta sifat fluida seperti viskositas, densitas, dan faktor volume formasi minyak. Selain itu, digunakan juga data karakteristik reservoir (*permeabilitas, ketebalan lapisan, porositas, dan skin factor*) serta parameter operasi *sucker rod pump* meliputi panjang langkah (*stroke length*), jumlah langkah per menit (*stroke per minute*), kedalaman pompa, dan efisiensi mekanik sistem.

Pada metode ini menggunakan rumus *Vogel IPR*:

$$Q = Q_{max} \left[1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_{ws}} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_{ws}} \right) \left(\frac{P_{wf}}{P_{ws}} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Untuk menghitung Displacement *per stroke* (*bbl/stroke*) digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{stroke} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) L \cdot 0.00010306 \quad (2)$$

Kapasitas *pompa actual* (*BFPD*) menggunakan rumus

$$Q_{pump} = V_{stroke} \times S \times 1440 \times E \quad (3)$$

Setelah itu, untuk mendapatkan nilai *Productivity Index* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PI = \frac{Q}{P_{ws} - P_{wf}} \quad (4)$$

Nilai *Perubahan Relatif Laju Produksi* didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta Q\% = \frac{Q_{after} - Q_{before}}{Q_{before}} \times 100\% \quad (5)$$

3. PEMBAHASAN

A. Penjelasan Hasil Penelitian

Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa hubungan antara tekanan dasar sumur (P_{wf}) dan laju aliran fluida (Q) membentuk kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) dengan pola penurunan yang tidak linier. Kurva ini menggambarkan kemampuan formasi dalam mengalirkan fluida ke dasar sumur pada berbagai kondisi tekanan. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh bahwa ketika tekanan dasar mendekati nol, laju produksi maksimum (Q_{max}) berada pada kisaran 1050 BOPD, sedangkan pada tekanan yang lebih tinggi, laju produksi menurun drastis hingga mendekati nol. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar perbedaan tekanan antara reservoir dan dasar sumur (*drawdown pressure*), maka semakin tinggi potensi produksi yang dapat dicapai.

Bentuk kurva yang melengkung menandakan bahwa aliran fluida di dalam sumur tidak sepenuhnya linier, kemungkinan disebabkan oleh pengaruh sifat fisik fluida, kondisi formasi, serta adanya efek multiphase dan hambatan aliran (*skin effect*). Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, sistem optimasi produksi pada Sucker Rod Pump (SRP) diterapkan sebagai metode peningkatan produksi.

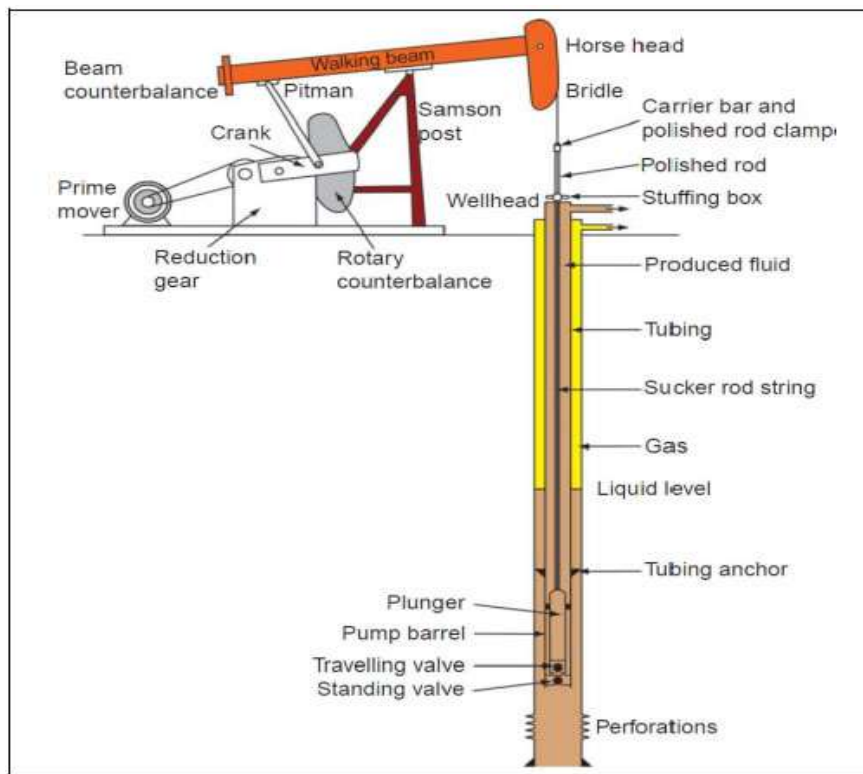
Optimasi SRP terbukti mampu menurunkan tekanan dasar sumur (P_{wf}) secara signifikan, sehingga memperbesar perbedaan tekanan (ΔP) antara dasar sumur dan formasi. Penurunan tekanan ini memungkinkan fluida mengalir lebih mudah ke permukaan, yang berdampak pada peningkatan laju produksi aktual. Dengan demikian, penerapan Optimasi SRP tidak hanya meningkatkan efisiensi aliran, tetapi juga membantu mempertahankan performa produksi sumur dalam jangka panjang.

Dari hasil evaluasi, dapat disimpulkan bahwa analisis IPR menjadi alat penting dalam menilai potensi produksi serta efektivitas sistem pengangkatan buatan. Kurva IPR yang dihasilkan memperlihatkan bahwa optimasi produksi pada Sucker Rod Pump memberikan

peningkatan nyata terhadap kemampuan inflow sumur dan memungkinkan pencapaian laju produksi yang lebih optimal dibandingkan sebelum optimasi. Temuan ini menegaskan pentingnya optimasi tekanan dasar sumur untuk mencapai performa produksi yang maksimal.

B. Penjelasan Gambar

Gambar 1. Sucker Rod Pump (SRP) merupakan sistem pengangkatan buatan yang bekerja dengan mengubah gerak rotasi motor menjadi gerak naik-turun untuk mengalirkan fluida dari reservoir ke permukaan. Bagian permukaannya terdiri atas prime mover, reduction gear, crank, pitman arm, walking beam, dan *horse head*, yang bersama-sama mengubah energi putar menjadi gerakan vertikal. Gerakan ini diteruskan melalui *brindle*, *carrier bar*, dan *polished rod* yang melewati *stuffing box* menuju batang pompa di dalam sumur. Pada bagian bawah permukaan, *sucker rod string* menggerakkan *plunger* di dalam *pump barrel*. Saat plunger naik, *standing valve* terbuka dan fluida masuk ke barrel, sementara *travelling valve* menutup; sebaliknya saat plunger turun, fluida terdorong ke atas melalui *tubing* menuju *wellhead*. Komponen tambahan seperti *tubing anchor* menjaga kestabilan tubing dan *gas anchor* mencegah gangguan gas lock. Secara keseluruhan, sistem SRP memanfaatkan gerakan mekanis berulang untuk mengangkat fluida dengan efisien dari dasar sumur ke permukaan.



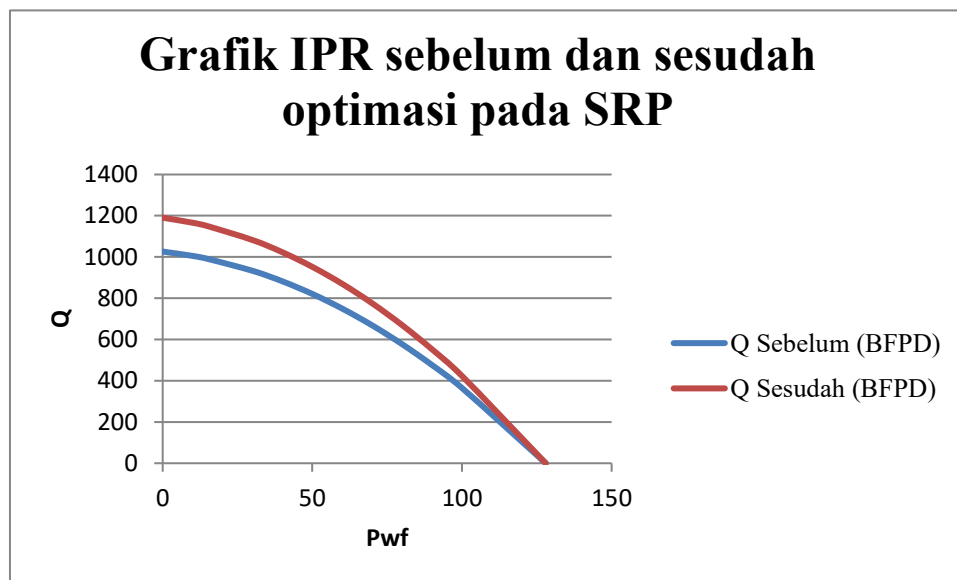
Gambar 1. Bagian-bagian Pada Sucker Rod Pump Typical configuration of a sucker rod pump. Source: Bellarby (2009).

Tabel 1 Tabel IPR Vogel

Pwf (psi)	Q Sebelum (BFPD)	Q Sesudah (BFPD)
128	0	0
100.1	363.7	421.9
90.1	475	551

80.1	576.3	668.5
70.1	667.6	774.4
60.1	748.9	868.7
50.1	820.2	951.4
40.1	881.4	1022.4
30.1	932.6	1081.8
15.1	990.6	1149.1
10.1	1005	1165.8
0	1026.3	1190.5

Tabel 1 merupakan tabel data sumur yang diperlukan untuk membuat data IPR. Data yang tercantum pada tabel ini didapatkan melalui pengujian produksi yang melibatkan perubahan tekanan dasar sumur secara bertahap, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran volume produksi minyak (Q) setiap kali tekanan dasar (p_{wf}) berubah.



Gambar 2. Grafik IPR

Dari grafik IPR terlihat bahwa pada tekanan dasar sumur mendekati nol, laju produksi bisa mencapai lebih dari 1000 BOPD. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi pada sucker rod pump dapat membantu meningkatkan hasil produksi, karena pompa tersebut mampu menurunkan tekanan di dasar sumur dan membuat fluida lebih mudah mengalir ke permukaan.

Hasil analisis menunjukkan laju produksi maksimum (Q_{max}) sekitar 1050 BOPD pada P_{wf} = 0 psi, yang menandakan potensi produksi tertinggi. Penerapan optimasi SRP mampu menurunkan tekanan dasar sumur sehingga meningkatkan perbedaan tekanan antara reservoir dan dasar sumur, yang berpengaruh langsung terhadap peningkatan laju aliran fluida. Secara keseluruhan, melakukan optimasi *sucker rod pump* terbukti efektif dalam mengoptimalkan potensi produksi, terutama pada sumur dengan tekanan reservoir rendah atau produktivitas yang mulai menurun.

Tabel 2. Tabel Parameter

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Tekanan reservoir	Pr	128	psi
Tekanan alir dasar saat uji	Pwf, test	90.12	psi
Laju produksi saat uji	Qtest	475	BFPD
Laju maksimum (hasil Vogel)	Qmax	1026.75	BFPD

Dengan data pada tabel 2, kita dapat menentukan laju alir produksi dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$Q = Q_{max} \left[1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)^2 \right]$$

Pada data menghasilkan laju alir produksi sejumlah 595.617 BFPD. Selanjutnya, untuk menentukan berapa banyak fluida yang dapat diangkat dalam satu kali naik atau turun menggunakan persamaan (2):

$$V_{stroke} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) L \cdot 0.00010306$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasilnya sebesar 0.0527 bbl/stroke. Menentukan berapa banyak fluida yang seharusnya bisa dipompa ke permukaan per satuan waktu dengan menggunakan persamaan (3):

$$Q_{pump} = V_{stroke} \times S \times 1440 \times E$$

Dan menghasilkan nilai sebesar 2.647.987,2 BFPD. Kemudian, untuk mengetahui kemampuan produktivitas dari suatu sumur digunakan perhitungan dengan menggunakan persamaan (4):

$$PI = \frac{Q}{P_{ws} - P_{wf}}$$

Hasil dari perhitungan tersebut didapatkan sebesar 12,54 bbl/day/psi. Terakhir, untuk mendapatkan nilai Perubahan relatif laju produksi maka menggunakan persamaan (5):

$$\Delta Q\% = \frac{Q_{after} - Q_{before}}{Q_{before}} \times 100\%$$

Dan dari persamaan tersebut didapatkan hasil sebesar 15,79%.

4. SIMPULAN

Dari hasil analisis *Inflow Performance Relationship (IPR)* pada sumur yang menggunakan sistem pengangkatan buatan *Sucker Rod Pump (SRP)*, dari pembahasan tersebut bahwa peningkatan produksi sangat dipengaruhi oleh hubungan antara tekanan dasar sumur dan laju aliran fluida. Hasil perhitungan menghasilkan laju produksi maksimum teoritis (Q_{max}) sebesar 1050 BOPD, sementara produksi aktual meningkat dari 475 BFPD menjadi 550 BFPD setelah dilakukan optimasi *sucker rod pump*, atau mengalami peningkatan produktivitas sebesar

15,79%. Peningkatan tersebut dihasilkan dari penyesuaian parameter operasi seperti panjang langkah, kecepatan pompa, dan ukuran plunger yang bisa menurunkan tekanan dasar sumur serta memperbesar perbedaan tekanan (ΔP) antara reservoir dan dasar sumur. Maka, penerapan analisis *ipr* terbukti efektif dalam mengevaluasi potensi produksi, serta menjadi dasar dalam perencanaan dan optimasi operasi *sucker rod pump* untuk meningkatkan efisiensi sistem pengangkatan buatan serta menjaga kinerja produksi sumur secara berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Guo, W. C. Lyons, dan A. Ghalambor, *Petroleum Production Engineering*, Elsevier, Amsterdam, 2007, pp. 1–512.
- [2] K. E. Brown, *The Technology of Artificial Lift Methods, Vol. 1*, Sivalis Inc., Odessa, Texas, 1979.
- [3] G. Takács, *Sucker-Rod Pumping Handbook: Production Engineering Fundamentals and Long-Stroke Rod Pumping*, Gulf Professional Publishing, 2015.
- [4] J. R. Fanchi, *Principles of Applied Reservoir Simulation*, 3rd ed., Elsevier, Amsterdam, 2019.
- [5] R. B. Smith, “Artificial Lift Systems,” dalam *Petroleum Production Engineering*, 2nd ed., D. C. Smith (Ed.), Gulf Publishing, Houston, TX, 2018, pp. 220–240.
- [6] P. G. Collins, “Inflow Performance Relationship Analysis,” dalam *Modern Petroleum Production Methods*, L. C. Uren (Ed.), McGraw-Hill, New York, 2014, pp. 145–165.
- [7] S. A. Khan, “Performance Evaluation of Sucker Rod Pumps in Mature Fields,” *Journal of Energy Resources Technology*, vol. 142, no. 6, pp. 1–10, Jun. 2020.
- [8] T. H. Nguyen, “IPR Curve Analysis for Optimizing Oil Well Production,” *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 180, no. 3, pp. 105–115, Mar. 2019.
- [9] L. M. Santos dan D. R. Almeida, “Modeling of Corrosion and Fatigue in Offshore Production Facilities,” *Offshore Engineering Review*, vol. 9, no. 2, pp. 55–67, Apr. 2021.
- [10] P. L. Zhang, “Artificial Lift Optimization Using IPR Curves,” dalam *Proceedings of the International Petroleum Engineering Conference*, Houston, TX, Oct. 2019, pp. 55–62.
- [11] R. S. Nugraha dan A. Widodo, “Evaluasi Efisiensi Sistem SRP pada Sumur Rendah Tekanan,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Energi dan Migas (SNTEM)*, Cepu, Indonesia, 2023, pp. 88–95.
- [12] PT Pertamina EP, *File Produksi Lapangan Semberah*, Balikpapan, 2021.
- [13] PT Pertamina EP Field Sangatta, *Perencanaan dan Troubleshooting Pompa Angguk*, Sangatta, 2020.
- [14] J. Roberts, “Evaluation of Sucker Rod Pump Performance in Low Pressure Wells,” *Schlumberger Technical Report*, Rep. 4021, Houston, TX, Jan. 2018.
- [15] Society of Petroleum Engineers, “Artificial Lift Methods Overview,” SPE. [Daring]. Tersedia: <https://www.spe.org/resources/artificial-lift/>. Diakses: 30 Okt. 2025.
- [16] Offshore Technology, “Corrosion Control in Offshore Platforms,” [Daring]. Tersedia: <https://www.offshore-technology.com/features/corrosion-control/>. Diakses: 30 Okt. 2025.
- [17] American Petroleum Institute (API), “Standards for Artificial Lift Systems,” [Daring]. Tersedia: <https://www.api.org/>. Diakses: 29 Okt. 2025.

Daftar Simbol

Q	=	Laju alir fluida, BOPD
P _{wf}	=	Tekanan dasar sumur, Psi atau kPa
P _{res}	=	Tekanan reservoir, Psi atau kPa
PI	=	Productivity Index, BOPD/Psi
Q _{max}	=	Laju alir maksimum, BOPD
ΔP	=	Perbedaan tekanan antara reservoir dan dasar sumur, Psi atau kPa
h	=	Ketebalan formasi, ft atau m
A	=	Luas penampang sumur, ft ² atau m ²