

EVALUASI DAN OPTIMASI POMPA ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP DI SUMUR JVT-20 PADA LAPANGAN X

Josep V Talahaturuson¹⁾, Purnomosidi²⁾, Berthy Pelasula³⁾

^{1,3)}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon, ²⁾Teknik Produksi Migas, PEM Akamigas

email: joseptalahaturuson4@gmail.com, tm12297054@gmail.com, bertxpelasula@gmail.com

Abstract

Electrical Submersible Pump (ESP) is a multilevel pump that is inserted into the well, by being immersed in the fluid and driven by an electric motor to lift the fluid from the well to the surface. The ESP currently used in the JVT-20 well is REDA A400 type ESP with 18 - 50 Stage, 60 Hz with a pump capacity of 200 - 500 BFPD. The JVT-20 well experienced a decrease in production rate so that only 150 BFPD was produced with a 75% water cut. The JVT-20 well's inflow performance relationship curve has a maximum flow rate of 214,286 BFPD, therefore optimization efforts are being made so that the daily production capacity of the JVT-20 well approaches the maximum flow rate of the well. The optimization was carried out by replacing the installed pump with a new pump type, namely ODI W2, with 110 stages, pump size 4.3 HP 60 Hz, with a production flow rate of 171.27 BFPD approaching the targeted flow rate for the JVT-20 well and pump efficiency of 45%.

Keywords: Optimization, Electrical submersible Pump, Evaluation, Well, JVT-20

Abstrak

Electrical Submersible Pump (ESP) adalah pompa bertingkat banyak yang dimasukan kedalam sumur, dengan cara dibenamkan dalam fluida dan digerakan oleh motor listrik untuk mengangkat fluida dari dalam sumur kepermukaan. ESP yang digunakan pada sumur JVT-20 saat ini yaitu ESP tipe REDA A400 dengan 18 - 50 Stage, 60 Hz dengan kapasitas pompa 200 - 500 BFPD. Sumur JVT-20 mengalami penurunan laju produksi sehingga yang di produksikan hanya sebesar 150 BFPD dengan water cut 75%. Kurva inflow performance relationship sumur JVT-20 memiliki laju alir maksimal sebesar 214.286 BFPD, oleh karena itu dilakukan upaya optimasi agar kapasitas produksi harian sumur JVT-20 mendekati laju alir maksimal sumur tersebut. Optimasi yang dilakukan dengan cara mengganti pompa terpasang ke tipe pompa baru yaitu ODI W2, dengan 110 stage, ukuran pompa 4.3 HP 60 Hz, dengan laju alir produksi sebesar 171.27 BFPD mendekati laju alir yang ditargetkan untuk sumur JVT-20 dan efisiensi pompanya sebesar 45%

Kata Kunci: Optimasi, Electircal Submersible Pump, Sumur, JVT-20

1. PENDAHULUAN

Electrical Submersible Pump (ESP) merupakan jenis dari Centrifugal Pump yang digunakan untuk mengangkat fluida dari reservoir ke permukaan pada laju produksi tertentu (Giuliani And Francis, 1982). Suatu sumur minyak yang diproduksi secara terus menerus dapat dipastikan akan mengalami penurunan produksi yang diakibatkan oleh berkurangnya cadangan fluida dalam sumur, turunnya tekanan pendorong dari dalam sumur dan turunnya efisiensi pompa.

Untuk menjaga rate produksi tetap stabil dan efisiensi pompa yang tinggi perlu dilakukan evaluasi untuk menentukan apakah pompa yang digunakan sesuai dengan kemampuan sumur. Untuk menentukan kapasitas produksi sumur yang optimum digunakan perhitungan kurva IPR Vogel dimana produksi optimum sebesar 80 % produksi maksimum yang didapat dari kurva IPR vogel (Anonim, 2006). Dilakukannya evaluasi terhadap ESP yang terpasang pada Sumur JVT-20, kemudian dari hasil evaluasi tersebut akan dilakukan optimasi pompa (ganti pompa).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inflow Performance Relationship (IPR)

Productivity Index (PI) yang diperoleh dari hasil test maupun dari perkiraan adalah merupakan gambaran secara kualitatif mengenai kemampuan suatu sumur untuk berproduksi (Brown, 1984). Inflow Performance Relationship (IPR) berperan penting dalam merencanakan fasilitas produksi pada suatu lapangan minyak maupun lapangan gas. IPR yang digunakan dalam perencanaan produksi sumur yang berguna untuk melihat kemampuan sumur untuk berproduksi, IPR merupakan PI yang digambarkan secara grafis.

Berdasarkan definisi PI yang secara matematis merupakan kemampuan produksi pada keadaan tertentu dari suatu sumur, dimana tekanan statik reservoir (Ps) dan PI dianggap konstan, maka variabelnya adalah laju produksi (Q) dan tekanan aliran dasar sumur (Pwf), sehingga persamaan PI dapat dituliskan sebagai :

$$Pwf = Ps - \frac{q}{PI} \quad (1)$$

Berdasarkan definisi PI, maka untuk membuat grafik IPR perlu diketahui data tentang:

- a. Laju produksi (Q)
- b. Tekanan aliran dasar sumur (Pwf)
- c. Tekanan statik sumur (Ps)

Ketiga data tersebut diperoleh dari test produksi dan test tekanan (Sonolog Test) yang dilakukan pada sumur. Berdasarkan ketiga data sumur tersebut IPR dapat dibuat sesuai dengan kondisi dari aliran fluidanya, apakah satu fasa, dua fasa atau tiga fasa.

Karena kurva IPR merupakan dasar dalam perencanaan ulang (redesign) pompa (Guo et al., 2007), maka dalam pembuatan kurva IPR untuk kondisi di Lapangan X digunakan Metode Vogel.

Vogel telah mengembangkan persamaan yang sederhana dalam pemakaiannya, dimana persamaan ini dikembangkan dari analisa yang dilakukan terhadap grafik-grafik kinerja aliran minyak dari formasi ke lubang sumur (grafik IPR). Grafik tersebut dikembangkan dengan anggapan bahwa: Reservoir bertekanan dorong air (*water drive*); Produksi gas dianggap nol; Harga skin di sekitar lubang bor sama dengan nol; Tekanan reservoir di bawah tekanan saturasi.

Apabila dilakukan analisa regresi terhadap titik data akan diperoleh persamaan yang dapat mempresentasikan titik-titik data tersebut. Persamaan tersebut adalah:

$$\frac{Q}{Q_{maks}} = 1 - 0,2 \left(\frac{Pwf}{Ps} \right) - 0,8 \left(\frac{Pwf}{ps} \right)^2 \quad (2)$$

2.2 Evaluasi Pompa ESP

Evaluasi dan perencanaan ulang terhadap pompa benam listrik terpasang dilakukan sebagai berikut:(MALIK DZEKY. 2021)

Penentuan Spesific Gravity Fluida Campuran

$$\text{Water Phase} = \text{Water Cut} \times SG_w \quad (3)$$

$$\text{Oil Phase} = \text{Oil Cut} \times SG_o \quad (4)$$

$$\text{Fluida Campuran (SGmix)} = \text{Water phase} + \text{Oil phase} \quad (5)$$

$$\text{Gradient Fluida (Gf)} = \text{SGmix} \times 0.433 \text{ psi/ft} \quad (6)$$

Penentuan Pump Intake Pressure (PIP)

$$\text{Perbedaan Kedalaman} = \text{Mid Perfo} - \text{PSD} \quad (7)$$

$$\text{Perbedaan Tekanan} = \text{Perbedaan Kedalaman} \times Gf \quad (8)$$

$$\text{Pump Intake Pressure (PIP)} = \text{Pwf} - \text{Perbedaan Tekanan} \quad (9)$$

Penentuan Total Dynamic Head (TDH)

$$\text{Fluid Over Power (FOP)} = \frac{PIP}{Gf} \quad (10)$$

$$\text{Vertikal Lift (HD)} = \text{PSD} - \text{FOP} \quad (11)$$

$$\text{Friction Loss (F)} = 2.083 \times \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \times \left(\frac{\left(\frac{Qt}{34.3} \right)^{1.85}}{ID^{4.8655}} \right) \quad (12)$$

$$\text{Tubing Friction Loss (Hf)} = F \times \frac{PSD}{1000/Ft} \quad (13)$$

$$\text{Tubing Head (Ht)} = \frac{\text{Tubing Pressure}}{Gf} \quad (14)$$

$$\text{Total Dynamic Head (TDH)} = \text{Hd} + \text{Hf} + \text{Ht} \quad (15)$$

Penentuan Effisiensi Volumetris (%EV)

$$\text{Jumlah Stages ft/stage} = \frac{TDH}{Stges} \quad (16)$$

$$\text{Presentase Effisiensi Volumetris (\%EV)} = \left[\frac{Q_{actual}}{Q_{theoretical}} \right] \times 100\% \quad (17)$$

2.3 Pemilihan Ukuran Pompa Listrik Submersible

Pemilihan ukuran pompa listrik submersible harus sesuai dengan besarnya laju produksi Q yang diharapkan pada head yang sesuai. Selain Q, ukuran casing juga merupakan faktor yang menentukan dalam pemilihan ukuran pompa listrik submersible yang efektif (Guo et al., 2007), biasanya dengan memilih seri yang tertinggi yang mempunyai diameter terbesar selama ukuran casing yang memungkinkan (Brown, 1980).

Dalam memilih ukuran pompa listrik submersible yang akan digunakan, selain harus disesuaikan dengan laju produksi yang diharapkan, juga laju produksi tersebut harus dalam range optimum yang disarankan sehingga diperoleh efisiensi seperti yang dianjurkan (recommended range).

Seandainya hasil pemilihan ukuran pompa listrik submersible berdasarkan kapasitas dan ukuran casing-nya terdapat dua ukuran yang sama-sama memenuhi syarat, maka pertimbangan dasar untuk ukuran adalah diambil ukuran yang mempunyai selisih kapasitas yang terkecil yang paling mendekati (Tarek, 2006).

Masing-masing ukuran pompa listrik submersible mempunyai pump performance curve untuk laju produksi Q versus H (head), sehingga dengan mudah dapat diketahui efisiensi yang tertinggi (Anonim, 2002).

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT Pertamina Papua Field pada tanggal 18 Februari 2022 - 1 Maret 2022. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder meliputi data sonolog test, data *production test*, data reservoir dan data mechanical sumur JVT-20.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kurva IPR Sumur JVT-20

dalam perhitungan kurva IPR Vogel untuk sumur JVT-20 dapat dilakukan dalam perhitungan sebagai berikut :

$$P_i = 12,5 \text{ Psi}$$

$$P_s = 2500 \text{ Psi}$$

$$P_{wf} = 1250 \text{ Psi}$$

Menghitung harga laju alir menggunakan **persamaan (2)**.

$$\frac{q}{q_{max}} = 1 - 0,2 \left(\frac{p_{wf}}{p_s} \right) - 0,8 \left(\frac{p_{wf}}{p_s} \right)^2$$

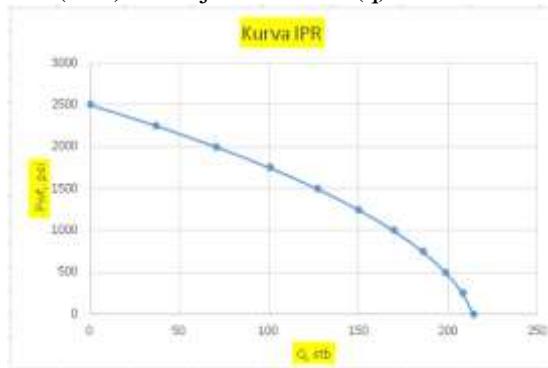
$$q = \frac{150}{1 - 0,2 \left(\frac{1250}{2500} \right) - 0,8 \left(\frac{1250}{2500} \right)^2}$$

$$q = 214,28 \text{ bfpd}$$

Tabel 1. Harga Q pda berbagi Pwf

Pwf	Q
2500	0
2250	36.8571
2000	70.2857
1750	100.286
1500	126.857
1250	150
1000	169.714
750	186
500	198.857
250	208.286
0	214.286

Dari tabel yang dibuat kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) yang merupakan hubungan antara tekanan alir dasar sumur (Pwf) dan laju alir fluida (q).



Gambar 1. Kurva IPR sumur JVT-20

Dari hasil pendekatan *Inflow Performance Relationship* Sumur JVT-20 didapat harga Q_{max} 214.28 bfpd, sedangkan hasil produksi sumur tersebut didapatkan hasil sebesar 150 bfpd pada pwf 1250 psi dengan water cut 75% sehingga memungkinkan untuk dioptimalkan. Sumur akan berproduksi sebesar 171.42 bfpd, pada pwf yang sama

4.2 Evaluasi Pompa ESP Sumur JVT-20

Penentuan Spesific Gravity Fluida Campuran menggunakan **persamaan (3-6)**.

$$\begin{aligned}
 & \text{Water Cut} \times SG_w \\
 \text{Water Phase} &= 0.75 \times 1.02 \\
 &= 0.765 \\
 & \text{Oil Cut} \times SG_o \\
 \text{Oil Phase} &= (1-0,75) \times 0.85 \\
 &= 0.212,5 \\
 & \text{Water phase+Oil phase} \\
 \text{Fluida Campuran (SGmix)} &= 0.765 + 0.212,5 \\
 &= 0.977,5 \\
 & SG_{mix} \times 0.433 \text{ psi/ft} \\
 \text{Gradient Fluida (Gf)} &= 0.977,5 \times 0.433 \\
 &= 0.423 \text{ psi/ft}
 \end{aligned}$$

Penentuan Pump Intake Preassure (PIP) menggunakan **persamaan (7-9)**.

$$\begin{aligned}
 & \text{Mid Perfo - PSD} \\
 \text{Perbedaan Kedalaman} &= 3356.3 - 2139.11 \\
 &= 1217.19 \text{ ft} \\
 & \text{Perbedaan Kedalaman} \times G_f \\
 \text{Perbedaan Tekanan} &= 1217.19 \times 0.423 \\
 &= 514.8 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Journal Mechanical Engineering (JME).

VOL 1, NO. 2, Agustus 2023

$$\begin{aligned} \text{Pump Intake Pressure (PIP)} &= \frac{\text{Pwf} - \text{Perbedaan Tekanan}}{1250 - 514.8} \\ &= 735.2 \text{ psi} \end{aligned}$$

Penentuan Total Dynamic Head (TDH) menggunakan **persaman (10-15)**

$$\begin{aligned} \text{Fluid Over Power (FOP)} &= \frac{\frac{\text{PIP}}{G_f}}{735.2} \\ &= \frac{0.423}{1738.06 \text{ ft}} \\ \text{Vertikal Lift (HD)} &= \frac{\text{PSD} - \text{FOP}}{2139.11 - 1738.06} \\ &= 401.05 \text{ ft} \\ \text{Friction Loss (F)} &= 2.083x \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \times \left(\frac{\left(\frac{Q_t}{34.3} \right)^{1.85}}{ID^{4.8655}} \right) \\ &= 2.083x \left(\frac{100}{120} \right)^{1.85} \times \left(\frac{\left(\frac{150}{34.3} \right)^{1.85}}{2.441^{4.8655}} \right) \\ \text{Tubing Friction Loss (Hf)} &= \frac{7.5 / 1000 \text{ ft}}{F \times \frac{\text{PSD}}{1000/\text{Ft}}} \\ &= 7.5 \times \frac{2139.11}{1000} \\ &= 16.04 \text{ ft} \\ \text{Tubing Head (Ht)} &= \frac{\text{Tubing Pressure}}{G_f} \\ &= \frac{40}{0.423} \\ &= 94.5 \text{ ft} \\ \text{Total Dynamic Head (TDH)} &= \text{Hd} + \text{Hf} + \text{Ht} \\ &= 401.05 + 16.04 + 94.55 \\ &= 511.59 \end{aligned}$$

Penentuan Effisiensi Volumetris (%EV) menggunakan **persamaan (16,17)**.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Stages ft/stage} &= \frac{\frac{\text{TDH}}{Stges}}{\frac{37}{13.82 (\text{ft/stage})}} \\ &= \left[\frac{511.59}{\frac{150}{652}} \right] \times 100\% \\ \text{Presentase Effisiensi Volumetris (%EV)} &= \frac{0.23}{0.23} \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil Evaluasi Pompa ESP Sumur JVT-20

Data	Hasil
Pompa Terpasang	REDA A400
Jumlah Stage	37
Pwf (psi)	1250
TDH (ft)	511.59
Head / Stage	13.82
Qaktual (BPD)	150
Q Theoretical (BPD)	652
EV %	0.23

4.3 Optimasi Pompa Pada Sumur JVT-20

Optimasi yang akan dilakukan yaitu penggantian pompa ESP lama ke pompa ESP yang baru, langkah langkah optimasi sebagai berikut:

Pemilihan Pompa Baru

Pemilihan jenis pompa disesuaikan dengan ukuran casing yang lama dan laju alir yang direncanakan. Laju alir yang direncanakan pada sumur JVT-20 adalah 171.42 bfpd. Tipe pompa yang dapat mengakomodir laju alir tersebut yaitu pompa ODI W2 dan REDA A400 Berikut pump curve performance dari kedua pompa untuk dilihat perbandingannya.



Gambar 2. Pump Performance Curve Pompa ODI W2

Tabel 3. Hasil Pembacaan Pump Performance Curve Pompa ODI W2

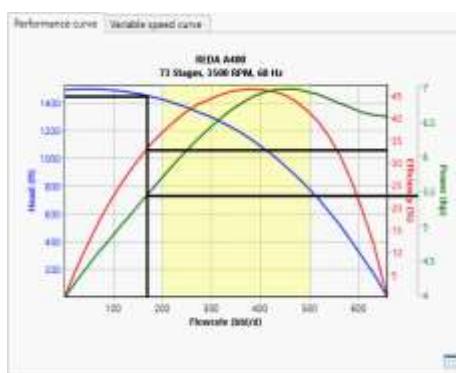
Parameter	Hasil Pembacaan
Laju Alir, bdp	171.27
Head, ft/stage	1500
Power, Hp/stage	4.3
Effisiensi Pompa %	45
Total Stage	110

Kelebihan pompa ODI W2

Pompa berproduksi didalam kemampuan produksi pompa dengan kapasitas pompa sebesar 0 – 365.22 Bbl/d, dan Pompa ODI W2 memiliki nilai efisiensi yang lebih besar.

Kekurangan pompa ODI W2

Membutuhkan Stage tambahan yang lebih banyak.



Gambar 3. Pump Performance Curve Pompa REDA A400

Tabel 4. Hasil Pembacaan Pump Performance Curve Pompa REDA A400

Parameter	Hasil Pembacaan
Laju Alir, bdp	171.45
Head, ft/stage	1425
Power, Hp/stage	5.4
Effisiensi Pompa %	33
Total Stage	73

Kelebihan pompa REDA A400

Membutuhkan Stage tambahan hanya sedikit

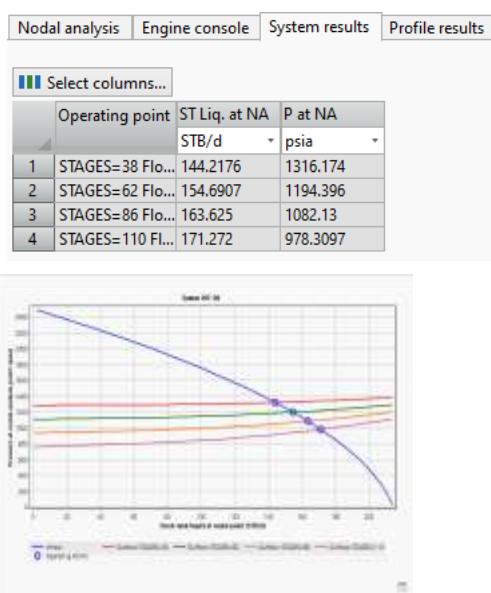
Kekurangan pompa REDA A400

Pompa berproduksi diluar kemampuan pompa dengan kapasitas pompa REDA A400 sebesar 200 – 500 Bbl/d; Pompa memiliki nilai efisiensi kecil; Mudah terjadi kerusakan dikarenakan pompa tidak bekerja sesuai kemampuan pompa itu sendiri.

Pembacaan *Pump Performance Curve* untuk memahami batasan kinerja pompa dan mencegah pompa beroperasi diatas rentang yang ditentukan sehingga menyebabkan kinerja pompa tidak maksimal dan dari hasil perbandingan kedua pompa, tipe pompa yang dapat mengakomodir laju alir yang ditargetkan yaitu pompa ODI W2.

4.4 Analisa Nodal Pompa ODI W2

Analisa nodal bertujuan agar dapat melihat laju alir pada berbagai stage sampai pada laju alir produksi yang optimal sesuai stage pompa baru, terlihat pada gambar Nodal analisa bagian system result dibawah ini:



Gambar 4. Hasil Analisa Nodal Di Berbagai Stage

Dari gambar system result di atas maka terlihat laju alir produksi yang paling optimal dan sesuai target yaitu pada laju alir produksi di 110 stage yang menghasilkan 171.27 stb/d.

4.5 Hasil Optimasi Sumur JVT-20

Berikut ini adalah tabel rekapan perbandingan antara Pompa ESP terpasang tipe REDA A400 dengan Pompa ESP terbaru tipe ODI W2.:

Tabel 5. Review Sumur JVT-20

PARAMETER	POMPA TERPASANG (REDA A400)	POMPA BARU (ODI W2)
Laju produksi	150 bfpd	171.27 bfpd
Water cut	75%	75%
Pump setting depth	2139.11 ft	2139.11 ft
Pump intake pressure	734.82 psi	734.82 psi
Tipe pompa	REDA A400	ODI W2
Frekuensi	60 Hz	60 Hz
Jumlah stage	37	110
Power (Hp motor)	2.7 HP	4.3 HP
Efisiensi	30%	45%

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan bab – bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sumur JVT-20 terpasang Pompa ESP REDA A400, 18 - 50 Stage dengan ukuran pompa 2.7 HP 60 Hz dengan kapasitas pompa 200 - 500 bfpd. Dari hasil evaluasi pompa terpasang hanya mampu berproduksi dengan laju produksi sebesar 150 bfpd, tidak mencapai laju alir yang ditargetkan di sumur JVT-20 akan tetapi produksinya masih dapat dioptimalkan.
2. Dari hasil optimasi pompa maka dilakukan penggantian pompa baru dengan tipe ODI W2, 110 stage dengan ukuran pompa 4.3 HP 60 Hz dengan laju alir produksi sebesar 171.27 bfpd mencapai laju alir yang di targetkan di sumur JVT-20.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil optimasi maka penulis memberikan saran untuk dilakukan penelitian lanjutan agar dapat melihat keekonomian dari perencanaan pompa baru ESP terpasang yaitu tipe ODI W2, apakah pompa ini layak atau tidak dalam segi keekonomianya.

REFERENSI

- Anonim. 2022. "Product Catalog. Indonesia: PT.Epsindo Jaya Pratama."
- Anonim. 2006. "Handbook for Electric Submersible Pumping System. USA: Baker Hughes Company."
- Anonim. 2001. "Electrical Submersible Pump Analysis and Design.USA: Case Services Inc."
- Brown, K. .. 1984. "The Technology of Artificial Lift Methods Volume 4.USA: The University of Tulsa."
- Brown, K. .. 1980. "The Technology of Artificial Lift Methods Volume 2.USA: The University of Tulsa."
- Giuliani dan Francis, A. 1981. "Introduction to Oil and Gas Technology. USA: IHRDC, Boston."
- Guo, Boyun., William, C., and Ghalambor, A. 2007. "Petroleum Production Engineer. USA: Elsevier Science & Technology Books."
- MALIK, DEZKY. 2021. "EVALUASI ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP) PADA SUMUR 'DM-01' LAPANGAN 'OG.'" 6.
- Tarek, A. 2006. "Reservoir Engineer Handbook. USA: Elsevier Science & Technology Books."
- Wahono, Petrus Agus, Syamsul Komar, and Fuad Rusydi Suwardi. 2015. "Evaluasi Pompa Esp Terpasang Untuk Optimasi Produksi Minyak Pt . Pertamina Asset I Field Ramba." *Journal Teknik Kimia* 21(1):57–63.