

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lapangan Pearl adalah ladang minyak terbesar di dunia yang terletak di lepas pantai Arab Saudi, di Teluk Persia. Lapangan ini dikelola oleh Saudi Aramco dan merupakan salah satu aset energi terpenting di dunia. Produksi dari lapangan Pearl bervariasi tergantung pada permintaan dan kebijakan produksi, tetapi secara umum dapat memproduksi antara 1 juta hingga 1,5 juta barel minyak per hari.

Ladang ini ditemukan pada tahun 1951 dan mulai berproduksi pada tahun 1957. Pearl menghasilkan minyak mentah berat, yang memiliki kadar sulfur yang lebih tinggi dibandingkan minyak mentah ringan, sehingga membutuhkan proses penyulingan yang lebih lanjut. Lapangan ini tetap penting dalam mendukung kapasitas produksi Arab Saudi dan cadangan minyak global.

Saudi Aramco telah menggunakan *Electrical Submersible Pump* (ESP) sejak beberapa dekade yang lalu untuk meningkatkan produksi minyaknya, terutama di lapangan minyak dengan tekanan reservoir rendah atau sumur yang mengalami penurunan produksi. Berikut adalah garis besar sejarah penggunaan ESP oleh Aramco:

#### 1. Awal Penggunaan ESP di Lapangan Saudi Aramco (1980-an)

ESP mulai diperkenalkan di lapangan minyak Aramco pada 1980-an. Pada masa itu, ESP digunakan sebagai metode untuk mengatasi penurunan produksi alami di lapangan-lapangan tua yang mulai mengalami tekanan reservoir yang lebih rendah (Simpson, *et al.*, 1993). ESP dipilih karena efektivitasnya dalam meningkatkan produksi tanpa memerlukan peralatan di permukaan yang besar, seperti pada pompa angguk (*beam pumps*) (Pinto, *et al.*, 2024).

#### 2. Perkembangan Penggunaan pada 1990-an

Pada 1990-an, penggunaan ESP di Aramco semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan untuk mempertahankan kapasitas produksi yang stabil. Aramco mulai menggunakan ESP di lapangan-lapangan minyak besar, seperti Ghawar, yang merupakan salah satu lapangan minyak terbesar

di dunia. Peningkatan teknologi ESP pada dekade ini memungkinkan mereka untuk dioperasikan di kedalaman dan tekanan yang lebih tinggi, yang cocok untuk kondisi lapangan Aramco.

### 3. Implementasi Besar-Besaran pada Awal 2000-an

Di awal 2000-an, Aramco melakukan implementasi ESP secara besar-besaran, terutama di lapangan-lapangan lepas pantai dan darat yang memiliki produksi yang menurun. Lapangan minyak seperti Pearl, yang merupakan lapangan minyak lepas pantai terbesar di dunia, dan lapangan minyak onshore seperti Abqaiq, menjadi target utama penggunaan ESP untuk mempertahankan produksi. Pada dekade ini, Aramco juga mulai menggunakan sistem pemantauan jarak jauh untuk ESP, sehingga bisa memantau dan mengendalikan ESP dari pusat operasional (Spagnolo, *et al.*, 2022).

### 4. Inovasi dan Penggunaan Teknologi Lanjut (2010-an)

Pada 2010-an, Aramco semakin memperkuat strategi penggunaan ESP dengan mengadopsi inovasi baru, seperti ESP yang tahan terhadap kondisi ekstrim (*high-temperature* dan *high-pressure* ESP) (Tavares, *et al.*, 2020). Mereka juga mulai menggunakan teknologi digital dan otomatisasi yang canggih, yang memungkinkan pemantauan performa ESP secara *real-time*. Hal ini memungkinkan deteksi dini masalah atau anomali sehingga bisa dilakukan pemeliharaan preventif.

### 5. ESP di Era Transformasi Digital (2020-an)

Di era 2020-an, Aramco terus mengembangkan kemampuan ESP dengan mengintegrasikan data dari ESP ke dalam sistem kecerdasan buatan atau *artificial intelligent* (AI), dan analitik data. Teknologi ini membantu Aramco dalam membuat keputusan berdasarkan data (*data-driven*) dan memungkinkan perkiraan waktu perawatan, sehingga efisiensi operasional dapat terus ditingkatkan. Selain itu, Aramco terus mengeksplorasi teknologi ESP yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan, sejalan dengan target mereka untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi (Alamu, *et al.*, 2020).

Secara keseluruhan, penggunaan ESP oleh Aramco mencerminkan komitmen mereka untuk mengoptimalkan produksi dari sumur-sumur tua serta menjaga kapasitas produksi di lapangan besar yang sangat penting bagi pasokan energi global. Penggunaan *Variable Speed Drive* (VSD) pada *Electrical Submersible Pump* (ESP) memberikan fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik dalam mengatur operasi pompa. VSD mengatur kecepatan motor ESP, yang memungkinkan operator menyesuaikan laju aliran produksi sesuai kondisi sumur (Aritonang, *et al.*, 2019; Bormin, 2024).

Di banyak lapangan minyak dan gas, termasuk yang dikelola oleh perusahaan seperti Aramco, penggunaan VSD pada ESP sudah menjadi standar. Dengan teknologi ini, operator dapat merespons perubahan kondisi lapangan secara cepat, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan produksi secara keseluruhan. VSD memberikan kendali yang lebih baik atas ESP dan memungkinkan pengoperasian yang efisien serta berkelanjutan di berbagai kondisi lapangan (Camilleri, *et al.*, 2018).

Penggunaan VSD dalam optimisasi sumur minyak, terutama pada ESP atau pompa lainnya, memungkinkan kontrol yang lebih fleksibel dan efisien atas laju produksi dan pemakaian energi. Berikut adalah cara VSD membantu dalam optimisasi sumur minyak:

1. Menyesuaikan Laju Aliran dengan Kondisi Sumur

VSD mengatur kecepatan pompa sesuai dengan kebutuhan produksi dan kondisi *reservoir*. Jika laju produksi perlu ditingkatkan atau dikurangi (misalnya karena perubahan tekanan *reservoir*), VSD memungkinkan operator melakukan penyesuaian tanpa harus menghentikan operasi atau mengganti peralatan. Ini mempertahankan laju aliran yang optimal untuk hasil produksi maksimal (Takacs, 2018).

2. Efisiensi Energi dan Pengurangan Biaya Operasional

Dengan VSD, pompa dapat beroperasi pada kecepatan yang lebih rendah saat produksi tidak memerlukan kapasitas penuh, sehingga mengurangi konsumsi daya. Operasi pada kecepatan yang disesuaikan menghemat energi, mengurangi biaya listrik, dan menurunkan biaya operasional secara keseluruhan (Zamesin, *et al.*, 2024).

### 3. Memperpanjang Umur Peralatan

VSD memungkinkan kontrol halus saat memulai dan menghentikan operasi, mengurangi tegangan awal (*initial torque*) dan fluktuasi arus listrik. Mengurangi tekanan pada komponen pompa saat startup dan shutdown membantu memperpanjang umur ESP dan mengurangi kebutuhan akan pemeliharaan.

### 4. Memaksimalkan Produksi pada *Reservoir* dengan Tekanan Rendah

Untuk sumur dengan tekanan rendah, VSD memungkinkan peningkatan kecepatan pompa untuk mengimbangi penurunan tekanan *reservoir*. Menjaga laju aliran dengan menambah kecepatan pompa membantu mempertahankan tingkat produksi .

Di lapangan minyak besar, terutama yang dikelola oleh perusahaan seperti Aramco, penggunaan VSD pada ESP telah terbukti efektif untuk mempertahankan tingkat produksi dengan biaya yang lebih rendah dan umur peralatan yang lebih panjang. VSD memungkinkan pengoptimalan operasi dengan sedikit intervensi manual, yang sangat bermanfaat di lapangan minyak lepas pantai atau area terpencil. Dengan VSD, sumur minyak dapat dioperasikan pada efisiensi maksimum, sementara risiko *downtime*, kerusakan peralatan, dan biaya energi dapat ditekan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Pada Laporan Teknik ini, akan dijelaskan usaha yang bisa dilakukan seorang commissioning engineer untuk mengontrol produksi sumur minyak dengan menggunakan VSD. Optimisasi produksi sumur minyak tidak bisa dilakukan secara serampangan. Terdapat limitasi produksi tergantung kepada desain ukuran pompa sentrifugal dan kemampuan reservoir untuk mempertahankan kesinambungan cadangan minyak suatu sumur.

## 1.3 Tujuan

Tujuan disusun Laporan Teknik ini adalah:

1. Menganalisa respon sumur minyak terhadap perubahan frekuensi yang diatur dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD), dan
2. Menganalisa produksi optimum sumur minyak dengan tidak mengabaikan umur pakai unit *Electrical Submersible Pump* (ESP).

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada laporan ini yaitu:

1. Permintaan dari *client* (Aramco) untuk melakukan optimisasi sumur minyak dengan target penambahan 10.000 *barrels per day*,
2. Optimisasi difokuskan pada sumur-sumur minyak dengan kandungan minyak mendekati 100%,
3. Optimisasi dilakukan khusus pada sumur-sumur yang dikelola oleh Baker Hughes Oil Service Company di lapangan lepas pantai Arab Saudi, dan
4. Dalam laporan ini hanya akan memperlihatkan peningkatan produksi minyak tanpa meninjau sisi ekonomis.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari Bab I yang mencakup latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan. Pada Bab II memaparkan tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini. Penjelasan tentang metode laporan teknik dipaparkan pada Bab III. Hasil dan pembahasan dipaparkan pada Bab IV dan kesimpulan diberikan pada Bab V.

