

# Analisis Penggunaan Mekanikal Sistem pada Sucker Rod Pump dalam Proses Pengangkatan Minyak Mentah dalam Industri Pengeboran Minyak Mentah

<sup>1\*</sup>Nikolas Nikolas, <sup>2</sup>Lilik Budiyanto, <sup>3</sup>Purwanto Purwanto

<sup>1-3</sup> Universitas Maritim AMNI, Indonesia

**Abstract** : Oil and gas wells are drilled like an inverted telescope. The part of the wellbore with the largest diameter is at the top of an oil or gas well. Each part is installed with a pipe-shaped wall (casing) up to the surface, or a liner is placed hanging on the last casing installed in the well. This study uses a descriptive and exploratory approach to understand the working mechanism and components of the sucker rod pump system used in the oil drilling industry in Kuwait. The descriptive approach provides a detailed description of the mechanism and performance, while the exploratory approach helps explore possible technical problems. From the results and discussions that have been presented, it can be concluded that the performance of the sucker rod pump is greatly influenced by the operational conditions of the field and the design and specifications of the pump used. Ahmadi Field showed the best performance with the Weatherford - High Pressure Rod Pump type, which is optimized for high pressure and high oil viscosity. In contrast, Burgan Field showed lower performance, indicating the need to adjust the pump design to actual field conditions. With the value of Rod Size (inch) 5/8 Area (inch)<sup>2</sup> 0.307, Weight (lb/ft) 1.16, Proactive maintenance strategy and regular component replacement are also key factors in maintaining optimal pump performance. Therefore, proper pump selection and effective maintenance strategy should be the main focus in oil drilling operations in Kuwait. While the data for calculating the volumetric efficiency of the sucker rod pump with daily production data, where daily production data is based on the productivity index.

**Keywords**: Pump, oil, production, productivity.

**Abstrak** : Sumur minyak dan gas dibor bagaikan sebuah teleskop yang terbalik. Bagian dari lubang sumur yang berdiameter paling besar berada pada bagian atas sebuah sumur minyak atau gas. Tiap bagian terpasang dinding yang berbentuk pipa (*casing*) sampai ke permukaan, ataupun *liner* ditempatkan dengan menggantung pada *casing* paling akhir yang terpasang pada sumur. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan eksploratif untuk memahami mekanisme kerja serta komponen-komponen pada sistem sucker rod pump yang digunakan dalam industri pengeboran minyak di Kuwait. Pendekatan deskriptif memberikan gambaran rinci mengenai mekanisme dan kinerja, sementara pendekatan eksploratif membantu mengeksplorasi masalah-masalah teknis yang mungkin terjadi. Dari hasil dan pembahasan yang telah disajikan, dapat disimpulkan bahwa kinerja sucker rod pump sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional lapangan serta desain dan spesifikasi pompa yang digunakan. Ahmadi Field menunjukkan kinerja terbaik dengan tipe Weatherford - High Pressure Rod Pump, yang dioptimalkan untuk tekanan tinggi dan viskositas minyak yang tinggi. Sebaliknya, Burgan Field menunjukkan kinerja yang lebih rendah, menandakan perlunya penyesuaian desain pompa dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Dengan nilai Ukuran Rod (inch) 5/8 Luas (inch)<sup>2</sup> 0.307, Berat (lb/ft) 1.16, Strategi pemeliharaan yang proaktif dan penggantian komponen secara teratur juga merupakan faktor kunci dalam mempertahankan kinerja pompa yang optimal. Oleh karena itu, pemilihan pompa yang tepat dan strategi pemeliharaan yang efektif harus menjadi fokus utama dalam operasi pengeboran minyak di Kuwait. Sedangkan data-data untuk perhitungan efisiensi volumetris pompa sucker rod dengan data-data produksi harian, dimana data produksi harian didasarkan pada produktiviti index

**Kata kunci**: Pump, minyak, produksi, produktivitas.

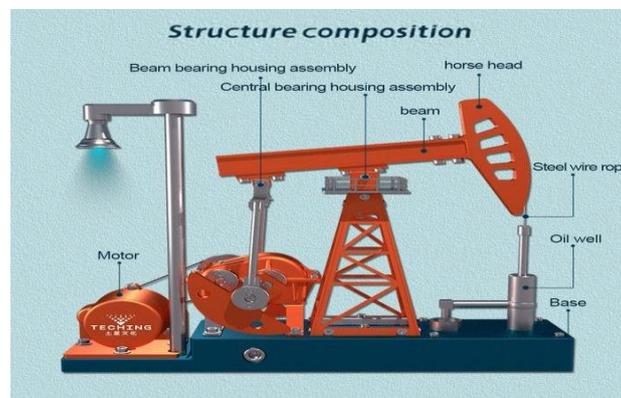
## 1. LATAR BELAKANG

Sumur minyak dan gas dibor dengan cara yang mirip teleskop terbalik, di mana bagian atas sumur memiliki diameter yang paling besar. Sumur ini dilapisi dengan casing dan liner yang disemen untuk memberikan perlindungan. Setelah casing produksi terpasang dan disemen, tubing dimasukkan dengan Packer di bagian bawah sebagai isolator antara tubing dan

casing. Fluida kemudian dipaksa mengalir dari lubang perforasi menuju tubing. Ketika tekanan reservoir menurun, diperlukan tenaga tambahan untuk mengangkat fluida ke permukaan, yang dikenal sebagai Artificial Lift. Metode Artificial Lift mencakup Gas Lift dan berbagai jenis pompa seperti pompa batang hisap, pompa submersible listrik, dan jet pump. Pemilihan metode ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kondisi reservoir, jenis fluida, karakteristik sumur, dan sumber tenaga yang tersedia. Pompa batang hisap adalah salah satu metode yang paling umum digunakan di seluruh dunia, dengan prinsip kerja yang sederhana dan efisien. Meskipun efektif, pompa ini memiliki batasan pada kedalaman sumur, dengan kapasitas hingga 4000 bfpd pada kedalaman maksimum 15.000 kaki. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain dan sistem kerja mekanikal pada pompa batang hisap serta memahami interaksi antar komponen dalam mencapai produksi minyak yang optimal.

## 2. KAJIAN TEORITIS

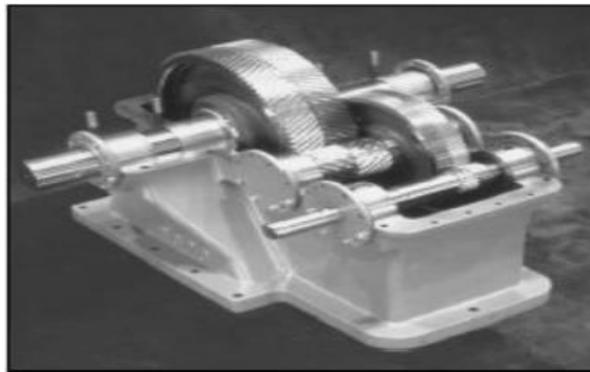
Pompa angguk (sucker rod pump) adalah alat angkat buatan yang banyak digunakan dalam industri minyak. Alat ini efektif untuk sumur yang mengalami penurunan tekanan reservoir, tetapi sering kali menghadapi masalah terkait ketidaksesuaian laju produksi.



**Gambar 1 SRP (API Recommended Practice 11AR)**

Tipe Mark II pompa angguk memiliki titik putaran di ujung walking beam, efisien untuk sumur produksi besar dengan kebutuhan horsepower lebih rendah. Pompa angguk (sucker rod pump) terdiri dari beberapa komponen utama, baik di permukaan maupun di dalam sumur. Di bagian permukaan (surface facilities), komponen utama meliputi Prime Mover, Horsehead, Gear Reducer, Pitmans, Counterweight, Walking Beam, Crank Pin Bearing, Equalizer, Samson Post, Carrier Bar, dan Bridle.

Prime Mover adalah komponen yang mengubah energi dari sumber tenaga menjadi gerakan putar yang kemudian diubah menjadi gerakan naik turun pada Polish Rod dan Sucker Rod. Sumber tenaga untuk prime mover bisa berupa mesin gas, diesel, motor bakar, atau motor listrik, dengan motor listrik paling sering digunakan karena efisien dan mudah dioperasikan. Daya putar dari motor listrik disalurkan melalui sabuk (V-belt) ke Gear Reducer. Pemilihan prime mover dipertimbangkan berdasarkan daya yang diperlukan untuk mengangkat fluida, biaya tenaga listrik, dan biaya pemeliharaan. Selain itu, pemilihan sistem penggerak yang tepat juga dipengaruhi oleh faktor efisiensi dan ketersediaan sumber tenaga. Gear reducer pada pompa angguk berfungsi untuk mengubah kecepatan putar prime mover menjadi langkah pemompaan yang tepat. Dengan rasio 30:1, gear reducer ini distandarisasi sesuai API 11E, dirancang untuk menahan beban puntir dan memastikan adanya kontak penuh antara roda gigi.



**Gambar 2 Gear Reducer / Gear Transmission**

Pompa angguk (sucker rod pump) merupakan alat yang digunakan dalam sistem pengangkatan buatan untuk memompa fluida dari sumur minyak ke permukaan. Beberapa bagian penting dalam sistem ini terdiri dari komponen di permukaan dan di bawah permukaan (downhole facilities).

1. Kepala Kuda (Horsehead): Fungsi utama kepala kuda adalah untuk mengubah gerakan mekanik dari walking beam ke unit pompa bawah permukaan melalui bridle dan sucker rod string. Kepala kuda dilengkapi dengan fitur keselamatan untuk mencegah jatuhnya unit tersebut.
2. Bridle: Merupakan pasangan kawat besi yang terpasang pada kepala kuda dan berfungsi untuk mentransfer gaya naik turun dari walking beam ke polished rod yang terhubung dengan sucker rod string.
3. Walking Beam: Balok baja yang berfungsi untuk mengubah gerak putar menjadi gerakan vertikal, yang kemudian diteruskan ke kepala kuda.

4. Counterweight: Sebagai pemberat yang dipasang pada crank untuk menyeimbangkan beban selama siklus pemompaan, baik saat upstroke maupun downstroke. Tanpa counterweight, pompa akan menjadi tidak seimbang dan berisiko merusak unit.
5. Crank Pin Bearing: Bearing yang dipasang pada crank pin untuk menghubungkan crank dengan pitman. Bearing ini membantu meminimalkan gesekan dan memastikan pergerakan yang lancar antara komponen.
6. Pitman Arm: Batang penghubung antara walking beam dan crank yang berfungsi mengubah gerakan berputar menjadi gerakan naik turun pada unit pompa.
7. Equalizer: Alat yang menghubungkan dua pitman arm agar gerakan keduanya tetap seimbang.
8. Center Bearing: Bearing yang ditempatkan pada titik berat walking beam untuk meminimalkan gesekan dan memastikan pergerakan yang efisien pada sumbu poros.
9. Samson Post: Penyangga berbentuk tripod yang berfungsi sebagai penyangga dasar dari keseluruhan struktur pompa angguk.

#### Komponen Pompa di Bawah Permukaan (Downhole Facilities)

1. Tubing Pump: Pompa tipe tubing dipasang pada ujung bawah pipa produksi (tubing), memungkinkan kapasitas pemompaan yang lebih besar tetapi memerlukan pengangkatan seluruh pipa produksi jika terjadi kerusakan.
2. Rod Pump (Insert Pump): Pompa tipe rod dipasang pada sucker rod dalam pipa produksi. Kelebihannya adalah lebih mudah untuk perawatan karena peralatan dapat diganti tanpa mengangkat pipa produksi, meskipun kapasitas pemompaan lebih kecil.
3. Pump Barrel (Rumah Pompa): Pipa logam panjang yang bagian dalamnya dipoles untuk memungkinkan pergerakan plunger yang halus. Ada dua jenis barrel, yaitu full barrel dan liner barrel.
4. Plunger: Tabung yang bergerak naik turun dalam pump barrel. Plunger dapat berbentuk all-metal atau soft-packed untuk menahan korosi. Plunger yang baik memiliki toleransi yang sangat ketat agar tidak ada kebocoran fluida.
5. Travelling Valve: Katup bola yang bergerak bersama plunger. Saat plunger turun, katup membuka, dan saat plunger naik, katup menutup. Travelling valve berfungsi untuk memastikan aliran fluida dalam satu arah.

6. Standing Valve: Katup bola yang terletak di bawah pump barrel. Katup ini menahan fluida yang telah masuk ke dalam barrel saat plunger turun.

#### Aksesoris dan Peralatan Tambahan

1. Jangkar Pompa (Holddowns): Digunakan untuk menempelkan bagian stasioner pompa agar tetap pada posisinya dan tidak terlepas selama pemompaan. Jangkar ini juga mencegah aliran balik fluida ke dalam sumur.
2. Gas Anchor: Sebagai pemisah gas, gas anchor mencegah gas yang terdapat dalam fluida sumur masuk ke dalam pompa. Hal ini sangat penting untuk menjaga efisiensi volumetrik pompa dan menghindari gas locking.
3. Mud Anchor: Dipasang di bagian bawah pompa untuk menampung partikel padat seperti pasir atau lumpur yang dapat mengendap sebelum fluida masuk ke dalam pompa.
4. Tubing: Pipa yang mengalirkan fluida dari pompa ke permukaan. Tubing juga berfungsi sebagai media tempat pompa dipasang. Spesifikasi tubing ditentukan oleh API berdasarkan tipe ulir dan grade material.
5. Sucker Rod: Batang penghubung antara unit pompa permukaan dan pompa bawah permukaan. Rangkaian sucker rod dapat terdiri dari beberapa batang yang disambungkan dengan kopling. Batang ini harus cukup kuat untuk menahan gaya tarik dan tekan yang terjadi selama pemompaan.

### 3. METODE PENELITIAN

Bagian Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan eksploratif untuk menganalisis mekanisme kerja serta komponen sistem *sucker rod pump* dalam industri pengeboran minyak di Kuwait. Pendekatan deskriptif memberikan gambaran rinci mengenai kinerja dan mekanisme operasional sistem, sementara pendekatan eksploratif digunakan untuk mengidentifikasi masalah teknis yang mungkin terjadi (Kumar & Kumar, 2020).

#### Pendekatan Penelitian

1. Pendekatan Kualitatif: Menggunakan wawancara dan observasi langsung untuk memahami tantangan operasional dan mekanisme sistem secara mendalam (Creswell, 2014).

2. Pendekatan Kuantitatif: Menggunakan data numerik dari kuesioner dan data operasional untuk menganalisis efisiensi dan kinerja sistem melalui analisis statistik (Field, 2013).

#### Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini mencakup seluruh instalasi pengeboran minyak yang menggunakan sistem *sucker rod pump* di Kuwait. Sampel penelitian diambil menggunakan metode *sampling purposive* dari 5 lokasi pengeboran yang mewakili berbagai konfigurasi dan ukuran sistem ini (Etikan et al., 2016).

#### Variabel Penelitian

1. Variabel X (Independen): Sistem kerja mekanikal, yang mencakup proses konversi energi dan komponen mekanikal seperti motor penggerak dan sistem transmisi (Smith, 2017).
2. Variabel Y (Dependen): Kinerja sistem, yang diukur dengan indikator efisiensi pompa, tekanan output, dan frekuensi pemeliharaan (Jones & Clark, 2018).

#### Instrumen Penelitian

Data dikumpulkan menggunakan kuesioner, wawancara terstruktur, dan observasi langsung. Kuesioner berisi pertanyaan terkait spesifikasi teknis dan kinerja sistem, sementara wawancara dan observasi memberikan informasi lebih lanjut mengenai tantangan operasional (Yin, 2014).

#### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan menggunakan analisis tematik untuk data wawancara dan observasi, serta analisis statistik deskriptif untuk data kuantitatif menggunakan perangkat lunak seperti SPSS atau Microsoft Excel (Braun & Clarke, 2006; Field, 2013).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Penelitian ini mengungkapkan bahwa kinerja **sucker rod pump** sangat dipengaruhi oleh karakteristik lapangan, spesifikasi pompa, dan strategi pemeliharaan. Setiap lokasi memiliki kondisi unik yang mempengaruhi efisiensi pompa.

**Tabel 1 menunjukkan efisiensi pompa di berbagai lokasi penelitian.**

Lokasi Penelitian	Tipe Rod Pump	Kapasitas (Barrel per Hari)	Tekanan Output (psi)	Efisiensi Pompa (%)	Viscositas Minyak (cP)	Temperatur Reservoir (°C)
Al-Rawdatain Field	Baker Hughes - VAM™ Rod Pump	500	1500	85.3	35	90
Burgan Field	Schlumberger - ESP Rod Pump	600	1400	82.1	20	85
Ahmadi Field	Weatherford - High Pressure Rod Pump	550	1600	88.7	40	95
Minagish Field	Halliburton - E-Series Rod Pump	700	1550	86.5	28	88
Wafra Field	National Oilwell Varco - Xtreme Rod Pump	650	1450	83.9	32	92

### **Efisiensi Pompa**

Berdasarkan data yang diperoleh, Ahmadi Field menunjukkan efisiensi tertinggi sebesar 88,7%, diikuti oleh Minagish Field (86,5%). Pompa Weatherford - High Pressure Rod Pump di Ahmadi Field terbukti sangat efektif dalam menangani tekanan dan viscositas minyak yang tinggi, sementara di Burgan Field, meskipun menggunakan teknologi ESP Rod Pump, efisiensinya lebih rendah yaitu 82,1%. Hal ini dapat disebabkan oleh ketidaksesuaian antara desain pompa dan karakteristik minyak yang lebih ringan serta tekanan reservoir yang lebih rendah.

### **Pengaruh Kondisi Lapangan**

Kondisi reservoir seperti viskositas minyak, kedalaman sumur, dan tekanan reservoir sangat mempengaruhi kinerja pompa. Sebagai contoh, Al-Rawdatain Field dengan minyak ber-viskositas tinggi (35 cP) menunjukkan efisiensi pompa sebesar 85,3%, meskipun ada tantangan besar dalam hal pengelolaan aliran minyak yang lebih kental. Di sisi lain, Burgan Field dengan minyak ringan dan tekanan lebih rendah, namun memiliki efisiensi lebih rendah, yang mungkin disebabkan oleh ketidaksesuaian antara teknologi ESP dan kondisi lapangan.

## Optimasi Pemeliharaan dan Strategi Penggantian Komponen

Pemeliharaan yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kinerja pompa. Di Ahmadi Field, strategi pemeliharaan yang lebih proaktif dan penggantian komponen secara berkala mengurangi keausan dan memperpanjang umur pompa. Pemantauan real-time untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan dan penggunaan material tahan korosi di area yang keras, seperti di Wafra Field, dapat lebih meningkatkan efisiensi pompa.

### Studi Kasus Perhitungan Efisiensi Volumetris

Pada studi kasus pompa RAW 2” di sebuah sumur, perhitungan efisiensi volumetris menghasilkan nilai sebesar 77,06%, sesuai dengan teori. Dengan mempertimbangkan parameter seperti panjang rod, diameter plunger, dan kondisi fluida, perhitungan ini menunjukkan kinerja pompa yang cukup optimal meskipun ada potensi perbaikan lebih lanjut dalam desain dan strategi operasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan pompa yang sesuai dengan kondisi lapangan serta penerapan pemeliharaan yang tepat adalah kunci untuk mencapai efisiensi operasional yang optimal.

**Tabel 2 Pedoman Efisiensi Pompa**

No.	Efisiensi Pompa (%)	Keterangan
1	10 - 25	<ul style="list-style-type: none"><li>• Permukaan cairan rendah, kapasitas sumur berproduksi kecil.</li><li>• Cairan yang masuk kedalam barel berjumlah terbatas</li></ul>
2.	25 - 50	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fluida pounding karena minyak banyak mengandung gas, dan ada kemungkinan gas anchor kurang berfungsi dengan baik.</li><li>• Permukaan cairan rendah, karena pump displacement terlalu besar.</li></ul>
3	50 - 70	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sumur yang dalam dengan permukaan cairan yang rendah</li><li>• Sumur yang mengandung gas dengan dilengkapi gas anchor yang baik.</li></ul>
4	70 - 80	<ul style="list-style-type: none"><li>• Level cairan yang tinggi didalam sumur.</li><li>• Instalasi dan infrastruktur yang baik.</li><li>• Penempatan pompa pada kedalaman lebih.</li></ul>
5	80 - 100	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sumur yang tidak terdapat banyak gas yang menghambat kinerja pompa.</li></ul>

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa terdapat hasil dan pembahasan yang telah disajikan, dapat disimpulkan bahwa kinerja sucker rod pump sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional lapangan serta desain dan spesifikasi pompa yang digunakan Ahmadi Field menunjukkan kinerja terbaik dengan tipe Weatherford - High Pressure Rod Pump, yang dioptimalkan untuk tekanan tinggi dan viscositas minyak yang tinggi. Dalam aplikasi Burgan Field menunjukkan kinerja yang lebih rendah, menandakan perlunya penyesuaian desain pompa dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.

### Saran

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi mahasiswa dan dosen untuk penelitian lebih lanjut tentang material teknik, terutama mengenai pompa. Studi ini juga dapat digunakan sebagai materi pembelajaran dalam mata kuliah yang berkaitan dengan pompa.
2. Penelitian ini dapat dijadikan data empiris yang relevan dan dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian lanjutan terkait pompa. Hasil ini juga dapat membantu dalam pengembangan metode pompa.
3. Penelitian ini dapat berfungsi sebagai bahan referensi bagi penelitian lanjutan di bidang pompa. Selain itu, hasil penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi pompa.

## DAFTAR REFERENSI

- Asrori, A. (2016). Optimasi preventive maintenance pada shipping pump dengan genetic algorithm di Joint Operating Body Pertamina–Petrochina East Java (JOB P-PEJ) Soko–Tuban. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Database PT. Petrokimia Gresik. (n.d.). Jawa Timur.
- Ebeling, C. E. (1997). An introduction to reliability and maintainability engineering. McGraw-Hill.
- IEC. (2006). Analysis technique for system reliability for failure mode effects analysis (FMEA) 60812:2006. American National Standards Institute (ANSI).

- J, S. (2017). Reliability analysis of centrifugal pump through FMECA and FEM. SNS College of Technology.
- Kristoffer, M. K. (2011). A review of major centrifugal pump failure modes with application to the water supply and sewerage industries. Curtin University.
- Marscher, W. (2017). Avoiding failures in centrifugal pumps. Mechanical Solutions, Inc.
- Munyensanga, P. (2018). Information management to improve the effectiveness of preventive maintenance activities with computerized maintenance management system at the intake system of circulating water pump. Diponegoro University.
- Núñez, D. L. (2017). An ontology-based model for prognostics and health management of machines. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Sianturi, R. J. (2018). Analisis kegagalan pada poros pompa sentrifugal semi-lean Benfield 107 JA dengan menggunakan finite element analysis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sidiq, A. D. (2016). Pompa sentrifugal. Universitas Sebelas Maret.
- Singh, D. (2015). Study of centrifugal pump using failure mode effect and critical analysis based on fuzzy cost estimation: A case study. Maulana Azad National Institute of Technology.
- Trojan, F. (2017). Proposal of maintenance-types classification to clarify maintenance concepts in production and operations management. Federal University of Technology-Parana.
- Vicente, F. (2017). Reliability analysis of centrifugal pumps system justifies improvements in gas plant. ABB Service.
- Vilarinho, S. (2017). Preventive maintenance decisions through maintenance optimization models: A case study. University of Minho.