

**EVALUASI PENYEBAB KEGAGALAN POMPA *ELECTRIC*  
*SUBMERSIBLE PUMP* (ESP) PADA LAPANGAN X  
MENGUNAKAN DATA *DISMANTLE INSPECTION*  
*FAILURE ANALYSIS* (DIFA)**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh

**FITRA HADI**

**NPM 153210567**

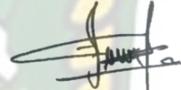


**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 20 Mei 2022



Fitra Hadi

NPM. 153210567

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua saya serta saudara saya atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan sampai penyelesaian tugas akhir.
2. Bapak Ir. Ali Musnal, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga serta masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Dr. Eng. Muslim, M.T selaku pembimbing akademik saya, yang telah memberikan arahan, nasehat serta semangat selama perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Ketua dan sekretasi prodi serta dosen-dosen yang sangat membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

5. Terimakasih kepada bang Zul Effendy selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu yang bermanfaat serta telah memberikan kesempatan untuk mengambil data untuk tugas akhir saya.
6. MAPEDALLIMA HANG TUAH FT-UIR yang telah memberikan saya banyak pengalaman yang luar biasa.
7. Terimakasih kepada teman-teman yang telah banyak membantu dalam penelitian unuk menyusun skripsi ini, Adrian Syaputra, Indah Prima sari M.
8. Terima kasih kepada seluruh teman-teman Teknik Perminyakan 2015 terkhusus, Ari Fernando, Fahmi Redy, Paul Fernando, dan Adi Saputra yang telah memberi dukungan dan semangat kepada saya.
9. Terima kasih kepada pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 10 Juni 2022



Fitra Hadi

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II</b> .....	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. <i>STATE OF THE ART</i> .....	4
2.2. <i>Electric Submersible Pump (ESP)</i> .....	6
2.3. <i>Komponen Electric Submersible Pump (ESP)</i> .....	7
2.4. <i>Prinsip Kerja Electric Submersible Pump (ESP)</i> .....	11
2.5. <i>Kelebihan dan Kekurangan Electric Submersible Pump (ESP)</i> .....	12
2.6. <i>Permasalahan Sumur Produksi ESP</i> .....	12
2.7. <i>Dismantle Failure Analysis (DIFA)</i> .....	14
2.8. <i>Troubleshooting ESP</i> .....	18
2.9. <i>Inflow Performance Relationship (IPR)</i> .....	19
2.10. <i>Perencanaan Pompa ESP</i> .....	21
<b>BAB III</b> .....	<b>23</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>

3.1	<i>Literature Review</i> .....	24
3.2	Tempat Penelitian .....	24
3.3	Jadwal Penelitian .....	24
3.4	Jenis Data .....	24
3.5	Prosedur Penelitian .....	25
<b>BAB IV .....</b>		<b>26</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>26</b>
4.1	Analisa Troubleshooting .....	26
4.2	Evaluasi Kegagalan Pompa .....	32
4.2.1	Evaluasi Masalah Kepasiran .....	33
4.2.2	Evaluasi Masalah <i>Scale</i> .....	36
4.2.3	Evaluasi Masalah <i>Electrick</i> .....	39
4.2.4	Evaluasi Masalah <i>Mishandling</i> .....	41
4.3	Design Ulang Pompa .....	44
4.4	Pembahasan .....	48
<b>BAB V .....</b>		<b>54</b>
<b>PENUTUP .....</b>		<b>54</b>
5.1	Kesimpulan .....	54
5.2	Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>55</b>
<b>Lampiran 1 .....</b>		<b>58</b>
<b>Contoh Data DIFA Setiap Permasalahan .....</b>		<b>58</b>
<b>Lampiran 2 .....</b>		<b>65</b>
<b>Interval Waktu Data DIFA .....</b>		<b>65</b>
<b>Lampiran 3 .....</b>		<b>70</b>
<b>Penurunan rumus ESP .....</b>		<b>70</b>
<b>Lampiran 4 .....</b>		<b>77</b>
<b>ESP Desain .....</b>		<b>77</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkaian <i>Electrical Submersible Pump</i> .....	7
Gambar 2. 2 ESP Chart .....	18
Gambar 3. 1 <i>Diagram Alir Penelitian</i> .....	23
Gambar 4. 1 <i>Ammeter Chart Operasi Normal</i> .....	27
Gambar 4. 2 Spikes .....	28
Gambar 4. 3 Gas Locking .....	29
Gambar 4. 4 Overload .....	30
Gambar 4. 5 Under Load.....	31
Gambar 4. 6 Persentase Penyebab Kerusakan ESP Dilapangan X .....	33
Gambar 4. 7 Pompa Yang Mengalami Masalah Kepasiran .....	34
Gambar 4. 8 Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Kepasiran Terhadap Satu Interval Waktu .....	35
Gambar 4. 9 Presentase Well lapangan X Yang Mengalami Masalah kepasiran Terhadap Satu Interval Waktu .....	35
Gambar 4. 10 Unit Pompa Yang Mengalami Masalah Scale.....	36
Gambar 4. 11 Grafik Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Scale Terhadap Satu Interval Waktu .....	38
Gambar 4. 12 Jumlah Presentase Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Scale Terhadap Satu Interval Waktu.....	38
Gambar 4. 13 Unit Pompa Yang Mengalami Masalah Electrical .....	40
Gambar 4. 14 Persentase Jumlah Kerusakan disebabkan Electrick Pada Lapangan X.....	41
Gambar 4. 15 Kerusakan Pompa Diakibatkan Masalah Mishandling .....	42
Gambar 4. 16 Jumlah Kerusakan disebabkan Mishandling Pada Lapangan X ....	43
Gambar 4. 17 Persentase Jumlah Kerusakan disebabkan Mishandling Pada Lapangan X.....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	24
Tabel 4. 1 Penyebab Kerusakan Pompa Esp Dilapangan X.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 2 Jumlah well lapangan X yang mengalami masalah kepasiran terhadap satu interval waktu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 3 Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Scale Terhadap Satu Interval Waktu.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 4Jumlah Kerusakan Pompa ESP Yang Disebabkan Masalah Electric Dilapangan X .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 5 Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah <i>Mishandling</i> Terhadap Satu Interval Waktu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4. 6 Tabel Stages dan Horse Power.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR SINGKATAN

- SRP = *Sucer Road Pump*
- ESP = *Electric Submersible Pump*
- HPU = *Hidrolic Pumping Unit*
- DIFA = *Dismantle Inspection Failure Analysis*
- RPD = *SReliable PowerDelivery System*
- MLE = *Motor Lead Extention*
- PCA = *Principal Componen Analisis*
- GOR = *Gas Oil Ratio*
- IPR = *Inflow Performance Relationship*



## DAFTAR SIMBOL

$SG_{MIX}$  : *Spesifik Grafity Campuran*

$W_c$  : *Water cut*

$SG_w$  : *Spesifik grafity water*

$SG_o$  : *Spesifik grafity oil*

$WFL$  : *Working Fluid Level*

$SFL$  : *Statik Fluid Level*

$OTP$  : *Operating Tibung Pressure*

$PI$  : *Produktifity Indeks*

$Q_{MAX}$  : *Laju alir maksimum*



**EVALUASI PENYEBAB KEGAGALAN POMPA *ELECTRIC*  
*SUBMERSIBLE PUMP* (ESP) PADA LAPANGAN X  
MENGUNAKAN DATA *DISMANTLE INSPECTION*  
*FAILURE ANALYSIS* (DIFA)**

**FITRA HADI  
NPM : 153210567**

**ABSTRAK**

Dalam industry perminyaaan teknik pengangkatan fluida dari reservoir ke permukaan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara alami/ *natural flow* dan menggunakan pompa/ *artificial lift*. Pada penelitian ini di gunakan pengangkatan menggunakan pompa ESP (*Electric Submersible Pump*). Faktor kerusakan pada pompa ESP selama oprasi berlangsung dapat di sebabkan berbagai hal diantaranya terbentuknya scale, ikut terproduksinya pasir dari bawah permuaan, kesalahan penanganan, serta terprodusinya gas ke permukaan sehingga menyebabkan menurun atau bahkan dapat menghentikan laju produksi. Difa adalah salah satu metoda yang dapat membuktikan kerusakan yang terjadi pada pompa tersebut diakibatkan oleh permasalahan teknis atau disebabkan oleh karakteristik formasi reservoir. dimana data ini didapat dengan cara mencabut unit ESP dari dalam sumur dan membongkarnya satu persatu di BTPU Shop untuk dianalisa terhadap ESP yang rusak dan dengan hasil analisa didapatkan rekomendasi terhadap penyelesaian masalah yang menyebabkan kerusakan pompa ESP tersebut. Masalah kepasiran merupakan masalah yang paling sering terjadi di lapangan X dengan 41% kasus dari 90 sumur yang dilakukan DIFA, diikuti dengan scale 31%, *electrick* 24%, dan *Mishandling* 7%. Masalah *Mishandling* dapat diatasi dengan memperhatikan procedure pemasangan pompa ESP yang direkomendasikan. Masalah kepasiran dapat ditanggulangi dengan membersihkan lubang sumur sewaktu *workover*, mengoreksi peralatan, mengurangi *grag force*, *resin coated sand pack*, menggunakan *sandscreen*, dan mengurangi gravel pack untuk mengurangi sifat *abrasive* dari pasir. Masalah scale dapat ditanggulangi dengan membersihkan sumur sebelum pemasangan instalasi dan meleakukan *chemical well treatment* untuk mengontrol scale. Masalah electric dapat diatasi dengan mengetahui sepenuhnya kondisi reservoir untuk menentukan jenis peralatan sesuai dengan temperature *reservoir*, serta memasang O-ring dan *pothead* dengan benar.

**Kata kunci:** *Secondary Recovery, Artificial Lift, ESP, DIFA, Stroke Length*

**EVALUASI PENYEBAB KEGAGALAN POMPA *ELECTRIC*  
*SUBMERSIBLE PUMP* (ESP) PADA LAPANGAN X  
MENGUNAKAN DATA *DISMANTLE INSPECTION*  
*FAILURE ANALYSIS* (DIFA)**

**FITRA HADI  
NPM : 153210567**

***ABSTRACT***

*In the petroleum industry, the flow of fluid from the reservoir to the surface can be done in two ways, namely naturally and using a pump/artificial lift. In this study, the use of an ESP (Electric Submersible Pump) pump was used. The damage factor to the ESP pump during operation can cause various things such as scale formation, the production of sand from below the surface, mishandling, and the production of gas to the surface causing it to decrease or even stop the production rate. Difa is one method that can prove the damage that occurs to the pump caused by technical problems or caused by reservoir formation characteristics. where this data is obtained by way of the ESP unit from the well and dismantling them one by one at the BTPU Shop to be analyzed for the damaged ESP and with the results of the analysis of the results of the problem solving that caused the damage to the ESP pump. Sand problems are the most common problems in field X with 41% of cases out of 90 wells carried out by DIFA, followed by 31% scale, 24% electricity, and 7% mishandling. Mishandling problem can be solved by observing the recommended ESP pump installation procedure. Sand problems can be solved by cleaning the wellbore while working, correcting equipment, reducing grazing forces, resin coated sand packs, using sandscreens, and reducing gravel packs to reduce the abrasive nature of the sand. Scale problems can be overcome by cleaning the well before installation and performing chemical well treatment to control scale. Electrical problems can be solved by knowing fully the condition of the reservoir to determine the type of equipment that is suitable for the temperature reservoir, as well as installing the O-rings and potheads correctly.*

***Keywords: Secondary Recovery, Artificial Lift, ESP, DIFA, Stroke Length***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam industry perminyaaan teknik pengangkatan fluida dari reservoir ke permukaan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara alami/ *natural flow* dan menggunakan pompa/ *artificial lift*. Pengangkatan dengan *natural flow* dapat dilakukan dengan sayarat tekanan yang terdapat pada reservoir lebih tinggi dari teakanan formasi sehingga fluida dapat mengalir ke permukaan dengan tekanan yang memadai. Selama terjadinya produksi sumur tidak akan mampu lagi berproduksi sendiri maka masuk ke tahap selanjutnya yaitu *artificial lift* (Sudjito et al., 2021). Berbagai macam pengangkatan buatan akan di lakukan pada lapangan minyak yang telah mengalami tahapan *artificial lift*, hal ini disebabkan karena disetiap lapangan sumur minyak kondisinya selalu berubah dikarenakan berkurangnya tekanan dasar sumur yang mengakibatkan fluida tidak dapat naik kepermukaan sedangkan pada saat yang bersamaan produktivitas sumur masih cukup tinggi. Alat bantu buatan dapat dilakukan untuk membantu pengangkatan fluida ke permukaan. Dalam dunia perminyakan ada banyak pilihan di antaranya, *Sucer Road Pump* (SRP), *Electric Submersible Pump* (ESP), *Gas Lift*, *Progressive Cavity Pump*, *Hidrolic Pumping Unit* (HPU) dll (Maulana, 2015). Untuk pengangkatan buatan dalam industri perminyakan saat ini banyak diantaranya menggunakan jenis pompa *Electric Submersible Pump* (ESP).

*Electric Submersible Pump* (ESP) atau pompa listrik bawah permukaan adalah sebuah rangkaian pompa sentrifugal yang ditanam ke dalam sumur dan digerakan oleh arus listrik yang dialirkan dari permukaan dan digunakan untuk menaikkan fluida dari dalam reservoir ke permukaan (Sucipto et al., 2018). Pompa ESP memiliki keunggulan dari penggunaannya yaitu efesiensi pompa relatif konstan selama waktu pemakainnya, pemilihan dan instalasi yang sederhana, dan dapat digunakan pada sumur miring. Pompa ESP memiliki peralatan komponen yang terdiri dari 2 bagian tergantung pada penempatannya

yaitu peralatan atas permukaan sumur (*Surface Equipment*) dan peralatan bawah permukaan sumur (*Sub-surface Equipment*) (Jaya et al., 2014).

Selama beroperasi pemilihan jenis pompa yang akan dipasang pada suatu lapangan harus menyesuaikan kondisi dan karakteristik reservoir yang akan diproduksi. Akan tetapi tidak selamanya unit pompa akan tetap beroperasi secara normal mengalirkan fluida dari dalam sumur ke permukaan, dan kerusakan seperti ini biasanya disebabkan oleh berbagai hal.

Faktor kerusakan pada pompa ESP selama operasi berlangsung dapat disebabkan berbagai hal diantaranya terbentuknya scale, ikut terproduksinya pasir dari bawah permukaan, kesalahan penanganan, serta terproduksinya gas ke permukaan sehingga dapat menyebabkan menurunnya laju produksi bahkan dapat menghentikan laju produksi. Pada tulisan ini akan dibahas tentang evaluasi penyebab kegagalan yang terjadi pada *electric submersible Pump* (ESP) dengan menggunakan data *Dismantle Inspection Failure Analysis* (DIFA). Difa adalah salah satu metoda yang dapat membuktikan kerusakan yang terjadi pada pompa tersebut diakibatkan oleh permasalahan teknis (dari pompa itu sendiri) atau disebabkan oleh karakteristik formasi reservoir. dimana data ini didapat dengan cara mencabut unit ESP dari dalam sumur dan membongkarnya satu persatu di BTPU Shop untuk dianalisa terhadap ESP yang rusak dan dengan hasil analisa didapatkan rekomendasi terhadap penyelesaian masalah yang menyebabkan kerusakan pompa ESP tersebut untuk tahapan kompleksi berikutnya dari sumur ESP pada lapangan X.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada pompa ESP di lapangan X dengan menggunakan data DIFA.
2. Perencanaan Size Down pompa ESP.

### 1.3 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui pengelompokan dari unit ESP yang mengalami kegagalan.
2. Merekomendasikan penanggulangan terhadap permasalahan pompa pada lapangan X setelah mengevaluasi data DIFA.

### 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan dengan baik dan sistematis serta tidak menyimpang dari tujuan awal penelitian, maka dalam penelitian ini hanya membatasi mengenai beberapa hal berikut:

1. Hanya membahas dan menjelaskan tentang aspek – aspek yang berhubungan dengan ESP dan permasalahan yang terjadi pada ESP saat beroperasi.
2. Hanya dibatasi pada bentuk evaluasi terhadap permasalahan ESP dan penanggulangannya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada kandungan ayat suci Al-quran tepatnya didalam Surat Al-Baqarah Ayat 164. Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupakan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.

Tafsiran yang ada pada surah Al- Baqarah ayat; 164 mengenai penciptaan langit dan bumi dimana silih bergantinya siang dan malam serta bahtera yang berlayar di laut mebawa apa yang berguna bagi manusia dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan aiti ut dia hidupakan bumi sesudah mati (kering)- nya dan disebarakan di bumi segala jenis hewan dan pengisaran angina dana wan yang dikendalikan antara langit dan bumi, sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.

#### 2.1. STATE OF THE ART

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh (Xiao et al., 2018) mengenai “*Development and Field Test of an Electric-Submersible-Pump Reliable-Power-Delivery System*” penelitian ini menyebutkan bahwa dalam Hidrogen Sulfida Tinggi (H<sub>2</sub>S) dan medan bertekanan tinggi/ suhu tinggi, masa penggunaan *Electrical Submersible Pump* (ESP) memiliki rata rata 3 tahun. Hasil dari data *Dismantle inspection failure-analysis* (DIFA) menunjukkan bahwa sekitar 50% dari kegagalan pompa ESP baik secara langsung atau tidak langsung terkait dengan masalah pengiriman listrik yang terkonsentrasi sekitar 200 kaki diantara *packer* dan motor. Makalah ini menyajikan penelitian dan pengembangan kolaboratif untuk mengembangkan dan menguji coba *Reliable PowerDelivery*

*System* (RPDS), Penelitian ini bertujuan untuk memperpanjang masa penggunaan pompa ESP rata rata hanya 3 tahun saat ini menjadi 10 tahun.

Menurut (Al-Sadah, 2014) mengenai “*ESP data analysis to enhance electrical submersible pump run life at Saudi Arabian fields*” sekitar 450 pompa *Electric Submersible Pump* (ESP) telah di pasang di area lapangan arab Saudi. Sumur produksi arab Saudi identik dengan tekanan reservoir yang tinggi, tingkat produksi tinggi, H<sub>2</sub>S dan water cut yang rendah hingga menengah. Penelitian ini berfokus pada masalah utama dengan pemanfaatan operasi ESP, bersama dengan perkembangan teknis yang diterapkan untuk mewujudkan tujuan run-life ESP yang lebih lama. Analisis ini akan menjadi gambaran umum lebih dari 130 kegagalan pompa ESP dari priode 2006 hingga 2013. Selama ini, lebih dari prosedur DIFA telah dilakukan dan banyak rekomendasi serta telah diterapkan. Berdasarkan data DIFA, sebagian besar kegagalan disebabkan oleh: *Motor Lead Extention* (MLE) rusak atau terbakar, motor terbakar dan penetrator rusak.

Menurut (Sherif et al., 2019) kegagalan *electrical submersible pump* (ESP) menyebabkan gangguan yang mengakibatkan penundaan produksi selain biaya *intervensi/Workover* pasca kegagalan. Masa pakai pompa ESP sulit diprediksi karena dipengaruhi oleh beberapa factor yang meliputi karakteristik reservoir, kondisi operasi pompa, dan bahkan prosedur pemasangan. Pengukuran dan pemantauan parameter popa ESP dinamis dan statis memainkan peran penting dalam memperpanjang masa pakai. Studi ini menerapkan *Principal Componen Analisis* (PCA) pada instalasi pompa ESP. Tujuan utama PCA adalah untuk mengidentifikasi korelasi dalam parameter ESP dinamis: tekanan masuk, suhu, tekanan pelepas, getaran, suhu motor, arus motor, arus system, dan frekuensi yang direkam oleh penggerak kecepatan variable (VSD) secara berkala.

Penelitian yang dilakukan oleh (Laksono, 2013) dengan judul “Analisis kegagalan pompa angguk di *Heavy Oil Operating Unit* PT. CVX dengan metode *Fault Tree Aalysis*” penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan, mengalisaprobabilitas kegagalan, mengidentifikasi sumber yang paling

berpengaruh dalam kegagalan dan melakukan pencegahan untuk mengurangi kegagalan pompa angguk dengan menggunakan metode *Fault Tree Aalysis*.

Penelitian yang dilakukan oleh mengenai (Lapi et al., 2014) “*Artificial Lift Perfomance Enhancements by applying Root Cause Failure*” Proses RCFA (*Root Cause Failure Analysis*) dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi setiap sistem pompa yang mengalami kegagalan untuk menentukan alasan terjadinya kegagalan, mengidentifikasi faktor-faktor yang terkait. Proses RCFA mengevaluasi kinerja pompa, riwayat pengujian sumur, riwayat intervensi sumur dan desain *artificial lift*. Aspek kunci lain dari proses RCFA adalah mengevaluasi informasi pembongkaran peralatan atau *dismantle inspection failure analysis* (DIFA).

Berdasarkan penelitian diatas, bisa disimpulkan bahwa penyebab kegagalan pompa bervariasi dan dapat dilakuan Analisa dengan beberapa metode.

## **2.2. *Electric Submersible Pump (ESP)***

Pompa ESP adalah jenis *Artificial Lift* dimana tenaga penggeraknya menggunakan tenaga listrik dan di benamkan kedalam sumur dengan menggunakan tenaga sentrifugal guna mengangkat fluida ke permukaan. ESP terdiri dari satu *Impeller* dan *Diffuser* yang dipasang pada *Shift*. *Impeller* berfungsi untuk memindahkan fluida dari satu *Stage* ke *Stage* diatasnya. Sedangkan *Diffuser* merupakan bagian yang tidak berputar dan berfungsi untuk mengarahkan fluida ke *Stage* berikutnya (Sari et al., 2016).

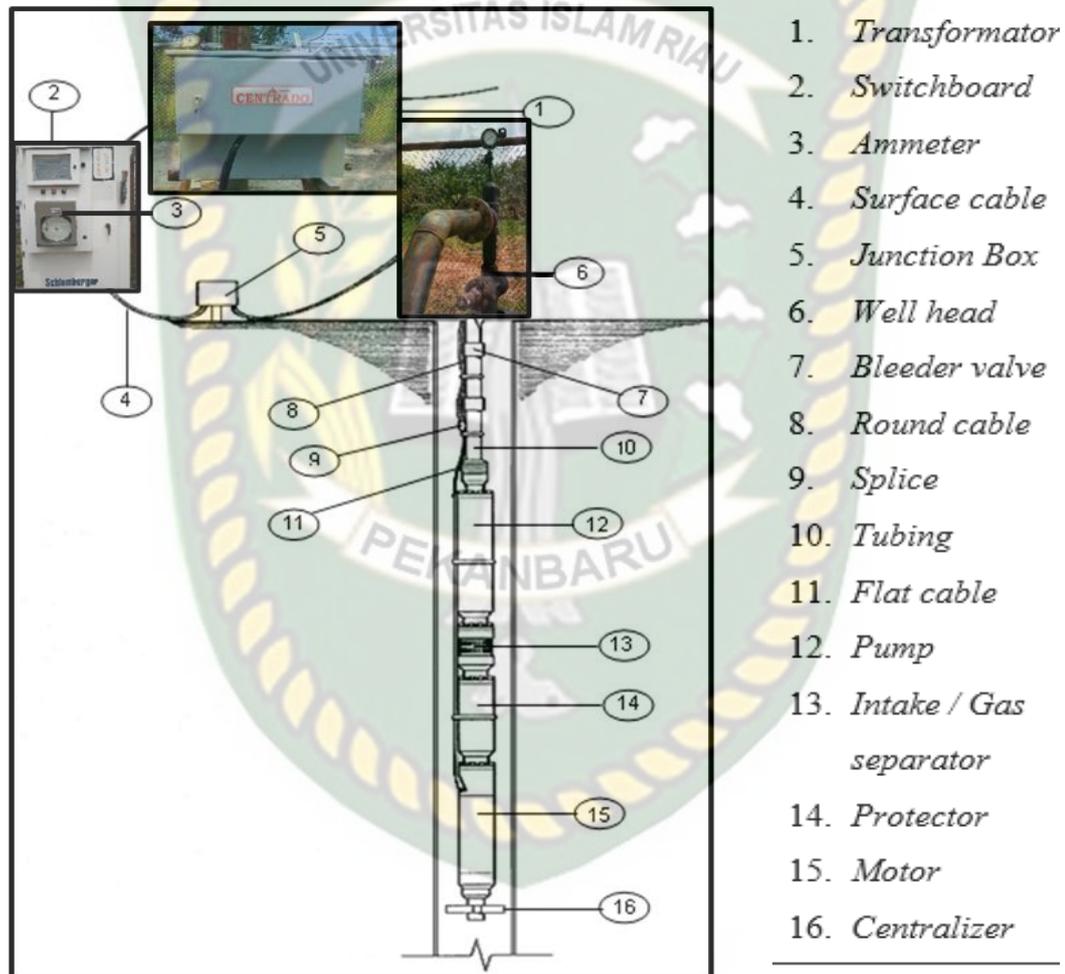
Electric Submersible Pump unit saat ini adalah salah satu type artificial lift (pengangkatan buatan) yang tepat guna dan efektif untuk memproduksi fluida reservoir yang cukup jauh dari dalam perut bumi ke permukaan.

Alasan penggunaan *Electrical Submersible Pump* sebagai artificial lift pada sumur-sumur yaitu:

- Jenis pompa ini dapat digunakan pada sumur-sumur yang relatif dalam dengan laju produksi dari 100 BFPD sampai 90.000 BFPD.

- *Gas Oil Ratio* (GOR) yang rendah sangat baik untuk penggunaan Electrical Submersible Pump.
- Panas yang dimiliki electric motor dapat menurunkan viskositas produksi fluida, dimana dapat mencairkan fluida dari sifat *parafin*.

### 2.3. Komponen *Electric Submersible Pump* (ESP)



Gambar 2. 1 Rangkaian *Electrical Submersible Pump*

*Electrical Submersible Pump* secara umum dibagi menjadi dua bagian yaitu, peralatan bagian atas permukaan dan peralatan bagian bawah bawah permukaan.

## 1. Peralatan atas permukaan

Berikut adalah peralatan ESP di atas permukaan diantaranya yaitu:

### 1. *WellHead*

*Wellhead* biasa berbeda dengan *well head* ESP dikarenakan perlu lubang tambahan untuk masuknya rangkaian kabel. *Well head* terletak di bagian paling atas dengan bahan yang terbuat dari besi baja dan memiliki rangkaian *Seal*/penyekat agar tidak terjadi kebocoran atau semburan *fluida* ke atas permukaan. Fungsi dari *wellhead* yaitu sebagai tempat untuk memasang rangkaian tubing dengan mengaitannya kepada tubing *Hanger*. Tubing yang digunakan pada *wellhead* ESP harus memiliki lubang yang berfungsi untuk memasukkan rangkaian kabel kedalam sumur. (Pradana et al., 2015)

### 2. *Junction Box*

Setiap sumur produksi migas tidak sepenuhnya memproduksi *crude oil* murni ke permukaan, terdapat juga gas yang sangat mudah terbakar ikut terproduksi ke atas permukaan. Gas tersebut dapat menimbulkan *contactor* sehingga dapat menimbulkan percikan api yang dapat menyebabkan kebakaran jika gas tersebut mengalir melalui *cabl* dan sampai ke *Switchboard*. Oleh karena itu diperlukan *Junction box* untuk mengeluarkan gas yang naik keatas melalui *cabl*. Dengan alasan keamanan *Juntion box* dipasang antara *Wellhead* dan *Switchboard* dengan kedalaman 15 ft (minimum) dan normalnya 2 samapai 3 ft diatas permuaan tanah. Fungsi dari *Junction box* sebagi ventilasi terhadap gas yang naik ke permukaan melalui *cabl* agar terbuang ke atsmosfer, dan juga sebagai penyambung *cabl* dari dalam sumur ke *Switchboard* ( 2018, M Fajri )

### 3. *Switchboard*

*Switchboard* merupakan panel control yang dikendalikan untuk mengontrol peralatan pompa yang berada di bawah permukaan untuk mencegah terjadinya *downhole problem* seperti, *overload* atau *underload*. Alat ini dilengkapi dengan motor stater, alat pencatar tegangan, dan alat penstabil tegangan listrik selama alat ini beroperasi. Alat *Switchboard*

memiliki berbagai macam jenis dan ukuran mulai dari ukuran 440volt sampai 4800volt. Dalam pemakaian *Switchboard* kita harus memperhitungkan beberapa factor yaitu, HP voltage dan amper dari motor (Jayanti et al., 2015).

#### **4. Ammeter**

Pembacaan *ammeter* terdapat pada sebuah jam (*clock device*) komplit dengan pena yang akan menuliskan banyak arus yang sedang dialami oleh motor. Jika terjadi perubahan arus atau ESP mati, maka perubahan tersebut dicatat dengan *ammeter* pada *chart*. data yang ter *record* pada RAM chart dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan tindakan apa yang akan dilakukan.

#### **5. Transformer**

*Transformer* adalah alat yang berperan sebagai pengubah tegangan arus listrik (menaikkan / menurunkan). Alat ini terdiri dari core yang dikelilingi *coil*, yang direndam oleh minyak trafo sebagai pendingin dan isolator (Olivia, Diana, 2019).

### **2. Peralatan bawah permukaan**

Berikut adalah komponen komponen peralatan ESP di bawah permukaan diantaranya yaitu:

#### **1. Bleeder Valve**

*Bleeder vale* adalah peralatan yang berada pada *tubing hanger* dan mempunyai fungsi untuk pada saat rangkaian *tubing* dicabut, alat ini akan mencegah minya keluar kepermukaan.

#### **2. Check Valve**

*Check Valve* merupakan alat yang terletak diatas kira kira 2 sampai 3 tubing diatas pompa yang berfungsi untuk menjaga agar fluida tidak turun lagi ke pompa yang dapat menyebabkan putaran balik pada pompa berhenti. Alat ini juga dapat digunakan untuk pengecekan kebocoran rangkaian *tubing* pada saat perawatan sumur.

### **3. Pump**

ESP merupakan jenis pompa *sentrifugal* yang banyak digunakan pada sistem eksplorasi sumur minyak. Pompa adalah bagian yang terletak diatas *intake gas separator* dan berfungsi untuk mengangkat fluida sampai kepermukaan. Pompa terdiri dari beberapa tingkat (*stage*), tiap tingkat terdiri dari *impeller* dan *diffuser*. Pompa di gerakkan oleh gaya *centrifugal*. Jumlah yang digunakan berdasarkan pada kebutuhan pengangkatan fluida dan tekanan permukaan yang dikehendaki. Laju alir pompa tiap tingkatnya sangat bergantung pada diameter *impeller* pompa dan bentuk geometri pompa. *Head* pompa tergantung dari bentuk geometri susunan *impeller* dan *diffuser* yang juga dipengaruhi diameter pompa.

### **4. Protector**

Fungsi dari *Protector* yaitu, dapat menahan cairan atau fluidayang berasal dari lubang bor masuk kedalam motor, sebagai alat penampung jika terjadi pemuaiian dan penyusunan dari minyak motor karena pendinginan dan pemanasan yang terjadi pada motor sewaktu *running* maupun *off*, dan sebagai tempat untuk menahan daya tolak yang berasal dari pompa. *Protector* terletak antara di antara motor dan gas separator.

### **5. Intake/ Gas Separator**

*Intake/ Gas Separator* merupakan alat yang terletak di antara pompa dan *protector* pada rangkaian ESP, yang berfungsi sebagai pemisah 2 fasa yaitu fasa gas dan fasa cair. *Gas Separator* digunakan apabila sumur tersebut mengandung gas. Apabila gas yang masuk kedalam pompa cukup besar akan menimbulkan gas *lock* (pompa terisi oleh gas dan tidak dapat memompa fluida) dengan demikian penggunaan *Gas Separator* akan dapat menaikkan efisiensi pompa terutama bagi sumur yang mengandung banyak gas (Pradana et al., 2015).

### **6. Motor Listrik**

Alat ini berfungsi sebagai unit penggerak pompa terdiri dari tipe motor induksi tiga-fasa yang berisi minyak untuk pendingin dan pelumas. Untuk

pendinginan dapat juga digunakan fluida sumur pada saat mengalir ke permukaan, sehingga unit pompa dipasang di atas zona produksi.

#### **7. Reda Oil (Dielektrick Oil)**

Motor dan *protector* berisikan minyak *Reda* yang berfungsi sebagai:

- a. Pelumas
- b. Tahanan/isolasi
- c. Pendingin motor/media penghantar panas ke dinding motor tersebut.

#### **8. Cable Clamp**

Alat ini berfungsi sebagai pengikat *power cable* disemua rangkaian pipa dan *Electrical Submersible Pump* (ESP) dengan jumlah yang menyesuaikan. Jumlah *clamp* yang digunakan tergantung dari ukuran pipa atau *Electrical Submersible Pump* (ESP) tempat kabel diikatkan.

#### **9. Cable Guard**

Merupakan alat berbahan baja kemudian terletak bersama dengan *clamp* untuk mengikat kabel pada rangkaian SPS dengan fungsi melindungi kabel dari gesekan dengan *casing* pada saat dimasukkan atau dicabut.

#### **10. Centralizer**

Alat ini berfungsi sebagai kedudukan pompa agar pompa tidak bergeser atau tetap selalu di tengah-tengah pada saat pompa sedang beroperasi, sehingga dapat mencegah kerusakan *cable* (Zobitana, n.d.).

#### **11. Electric cable**

*Power cable* berfungsi sebagai pengalir arus listrik dari *switchboard* ke *motor*. Bahan kabel ini menggunakan bahan tembaga yang dirancang sesuai dengan kondisi sumur serta besar/kecil *horse power* (HP) dari *motor*.

### **2.4. Prinsip Kerja Electric Submersible Pump (ESP)**

Pompa-pompa *submersible* yang digunakan dalam instalasi *Electric Submersible Pump* (ESP) merupakan pompa *sentrifugal multistage* (bertingkat) yang beroperasi pada sumur vertikal. Meskipun memiliki perkembangan konstruksi dan penambahan fitur pada pompa *submersible* dari tahun ke tahun,

namun prinsip dasar dari kerja pompa ini sebenarnya masih tetap sama. Cairan atau liquid diputar oleh impeller dengan kecepatan rotasi yang tinggi sehingga mengalami gaya sentrifugal, kemudian cairan tersebut terangkat di dalam *diffuser* di mana konversi energi kinetik menjadi energi tekanan berlangsung (Sugiharto, 2005). Untuk konstruksi pompa dengan sistem tandem motor juga memiliki prinsip kerja yang sama dengan pompa *submersible* lainnya dan di install pada sumur dengan karakteristik dan kedalaman tertentu yang berbeda dengan pompa *submersible single* motor. Namun pompa *submersible* ditandem dengan cara menambah jumlah stages pompa sesuai kedalaman sumur dengan cara di kopel dan untuk motor listrik *submersible* juga dikopel secara mekanik dan elektrik pada satu poros antara upper motor dan center motor (Sucipto et al., 2018).

## **2.5. Kelebihan dan Kekurangan *Electric Submersible Pump* (ESP)**

Kelebihan dengan menggunakan pompa ESP yaitu, dapat digunakan pada sumur miring (*Horizontal*), pemilihan instalasi dan perencanaan yang sederhana, dan efisiensi pompa sangat normal pada saat waktu pemakaian. Sedangkan pompa ESP ini juga memiliki kelemahan yaitu, putaran mesin dalam pompa yang tinggi dapat menyebabkan masalah terbentuknya emulsi yang relative sulit untuk di tangani, dan efisiensi rendah pada sumur dengan *Gas Oil Ratio* yang tinggi (Jaya et al., 2014).

## **2.6. Permasalahan Sumur Produksi ESP**

Pada saat pengoprasian pompa ESP pada sumur produksi, sering sekali ditemukan permasalahan yang menjadi kendala. Permasalahan tersebut dibagi menjadi 2, diantaranya:

### **2.6.1 Permasalahan Akibat Kegagalan Pompa**

#### **A. *Underload* atau *low-amp* (amper motor rendah)**

*Underload* terjadi apabila arus yang digunakan lebih tinggi dari *running ampere*. Penyebab *underload* pada motor ESP antara lain: (Simbolon, 2019a)

1. Produksi kecil dan Produksi membawa banyak gas
2. *Voltage* yang tinggi atau berlebih
3. Ukuran pompa yang terlalu besar

## B. *Overload* Hi-Amp (amper motor tinggi)

*Overload* terjadi jika arus yang digunakan melebihi batas normal dari *running ampere* penyebab *Overload* pada sumur yaitu:

1. Berat jenis fluida bertambah (fluida bercampur dengan pasir)
2. Voltage yang rendah atau kurang
3. Pompa susah berputar (*stuck*)

### 2.6.2 Permasalahan Formasi

Kerusakan formasi didefinisikan sebagai proses kerusakan pada formasi yang menyebabkan turunnya laju produksi pada lapisan *oil* dan *gas*. Ada beberapa alasan untuk mencegah kerusakan formasi yaitu:

1. Menurunkan biaya kompleksi dan produksi.
2. Memaksimalkan cadangan yang diambil dengan menurunkan *drawdown* dan menurunkan permasalahan *water* dan *gas coning*.
3. Mengatur batasan atau *barrier* permeabilitas *vertical* dari suatu formasi dengan tidak perlu melakukan *fracturing* sehingga menambah efisiensi penyapuan *vertical* dan areal untuk *primary*, *secondary* dan *tertiary recovery*.
4. Memaksimalkan *injectivity* untuk pekerjaan injek ke formasi. (Wicaksono, 2016).

Adapun tipe-tipe kerusakan formasi yaitu:

#### A. *Clay*

Sebagian besar batuan *reservoir* akan teridentifikasi adanya *Clay*. *Clay* mempunyai sifat dan karakteristik yang spesifik sehingga perlu dikaji lebih dalam. *Clay* dapat menyebabkan terjadinya hal yang buruk dalam suatu *reservoir*, baik saat proses pengeboran berlangsung maupun dalam berlangsungnya proses produksi. Lapisan *clay* dapat berupa lapisan tebal atau lapisan tipis berselang – seling dengan lapisan batupasir atau lapisan karbonat. *Clay* tersebar dalam batupasir sebagai butiran – butiran yang mengisi celah antar butiran pasir yang bertindak sebagai semen. *Clay* umumnya terdapat di dalam batu pasir. Akan tetapi apabila *clay* tidak dalam jumlah yang besar maka *clay* tidak akan berpengaruh di dalam

batuan karbonat. partikel yang dapat diklasifikasikan ke dalam *clay* merupakan butiran yang memiliki ukuran lebih kecil dari pada 5 mikron. *Clay* dapat memiliki berbagai macam komponen kimia, reaktifitas yang berbeda terhadap pori batuan dan secara fisik mempunyai berbagai susunan (Fitrianti, 2012).

**B. Clay Swelling**

Kandungan clay (shale) pada batuan reservoir secara teoritis merupakan faktor yang menunjang sementasi batuan, akan tetapi dari segi yang lain, umumnya mempunyai kecenderungan untuk mengembang (swelling) jika kena air. Clay yang mengembang tersebut akan menyebabkan turunnya faktor sementasi batuan (Simbolon, 2019b).

**C. Partikel Plugging**

Tertutupnya pori-pori batuan disebabkan adanya partikel lumpur pemboran atau semen disekitar lubang bor. Selain itu terdapat grup clay illite (seperti rambut) dan kaolinite (berlapis-lapis) yang partikelnya akan bergerak dan menutup lubang pori-pori jika clay tersebut tersentuh oleh filtrat fresh water base mud, baik silika maupun claynya sendiri. (Musnal, 2013).

**D. Scale**

*Scale* merupakan suatu problema yang sering di jumpai pada suatu oprasi pemboran lapangan migas. *Scale* adalah suatu problema produksi dalam system air, karena adanya perubahan tekana, suhu dan PH, sehingga membentuk endapan kristal atau padatan baik di reservoir maupun di sepanjang pipa alir produksi dan di peralatan permukaan minyak dan gas bumi. (Pranondo & Agusandi, 2017).

**2.7. Dismantle Failure Analysis (DIFA)**

Dalam menganalisa kegagalan operasi unit salah satu prosedur yang dilakukan untuk menganalisa kegagalan tersebut dengan menggunakan metoda pembakaran dan menganalisa bagian per bagian dari unit yang mengalami kerusakan dalam istilah lain metoda ini dinamakan metoda DIFA ( *Dismantle and Failure Analysis* ).

Pemeriksaan dan analisa terhadap komponen ESP setelah diangkat ke atas permukaan merupakan hal yang sangat penting dalam operasi ESP. Melalui pemeriksaan dan analisa komponen ESP satu persatu memungkinkan untuk mengetahui penyebab dari kegagalan pompa ESP beroperasi sehingga kerusakan dapat diatasi.

Ketika mencabut unit pompa ESP sebagai tindakan terakhir yang harus dilakukan jika unit pompa ESP mengalami kegagalan beroperasi tentunya bisa dilihat dengan jelas bagian yang rusak setelah dilakukan pembongkaran unit ESP, seperti motor yang terbakar, shaft yang patah, protektor yang bocor dan lain lain. Akan tetapi tatap saja penyebab dari kegagalan tetap saja tidak terlihat dengan jelas atau dengan kata lain mungkin sangat sulit untuk ditentukan.

Dalam pelaksanaan analisa kerusakan ESP dengan cara pmbongkaran unit ESP tersebut ada beberapa hal yang terlebih dahulu dilakukan, yaitu :

1. Pemeriksaan awal ( preliminary inspection )
2. Pengujian Komponent utama dari unit ESP ( *Testing of major component* )
3. Pemeriksaan Hasil Pembongkaran Unit ESP (*Equipment Dismantle Inspection*)

#### **2.7.1. Pemeriksaan Awal Kompenen ESP**

Pemeriksaan awal dari unit ESP yang mengalami kegagalan beroperasi dilakukan untuk menentukan secara umum kondisidari keseluruhan unit ESP yang telah dicabut dari sumur serta untuk mengetahui kerusakan yang jelas seperti kerusakan pada bagian luar Unit ESP, korosi, scale build up, shaft yang rusak dll, guna melakukan pengujian terhadap komponent ESP tersebut.

Pada setiap kegagalan ESP yang mengharuskan untuk dilakukan pemeriksaan penyebab kerusakan dengan cara membongkar unit yang dicabut tersebut. Tidak semua bagian ESP tersebut harus dibongkar. Tapi hanya merupakan bagian-bagian tertentu saja.

Langkah pertama dari pemeriksaan awal ini adalah mencatat semua informasi spesifikasi seluruh unit ESP yang telah dicabut, kondisi luar ESP, kemudian semua informasi kondisi awal tersebut dicatat, dan unit esp dikemas dengan baik untuk dibawa ke shop untuk dilakukan pengujian awal.

### **2.7.2. Pengujian Awal**

Pengujian unit ESP dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kerusakan masing-masing dari komponen ESP. Pengujian ini biasanya dilakukan pada bagian bagian ESP seperti, pada pompa, pada protector, motor, dll. Dan setelah pengujian tersebut dilakukan baru komponen ESP tersebut dibongkar satu persatu.

### **2.7.3. Pemeriksaan Hasil Pembongkaran Dari Unit ESP**

Dalam penerapannya bagian-bagian yang dianalisa dan diperiksa meliputi:

#### **1. Kabel**

Kondisi fisik pada kabel seperti *armor* yang rusak diakibatkan oleh temperatur yang terlalu tinggi, gesekan yang terjadi pada saat unit pompa dimasukkan ke dalam sumur. Beban arus yang terlalu berlebihan sehingga mengakibatkan temperatur konduktor menjadi tinggi dan mampu membakar isolasi.

Apabila peralatan ESP yang mula-mula mengalami kegagalan adalah kabel, maka dianggap bahwa semua peralatan ESP lainnya masih dalam kondisi baik. Apabila peralatan ESP yang mula-mula mengalami kegagalan adalah *pothead* maka dianggap semua peralatan ESP lainnya masih dalam kondisi baik. Sedangkan kegagalan kabel yang terjadi adalah akibat dari usaha yang berulang-ulang untuk menghidupkan kembali unit, setelah *pothead* mengalami kegagalan.

#### **2. Motor**

Kondisi fisik dan komponen dari motor seperti *shaft*, *rotor*, *stator*, *trusht bearing* dan kondisi fisik minyak. Komponen-komponen tersebut diperiksa satu

persatu dan dikelompokkan kepada dua bagian yaitu masih bisa dipakai dan yang tidak dapat digunakan lagi.

Peralatan ESP yang mula-mula mengalami kegagalan adalah motor, maka dianggap bahwa minyak motor terkontaminasi oleh fluida sumur, baik itu yang terdapat di motor maupun yang terdapat di ruang bawah *protector*. Adapun kegagalan kabel yang terjadi adalah akibat dari menghidupkan unit yang berulang-ulang.

### **3. Protector**

Komponen dari *protector* seperti *shaft*, *thrust bearing* dan minyak *protector* diperiksa apakah masih baik dan memenuhi spesifikasi atau tidak. *Shaft protector* dihubungkan pada bagian bawah dengan *shaft* motor dan pada bagian atas dengan *shaft* pompa. Hubungan antara *shaft protector* dan *shaft* motor didisain sedemikian rupa, sehingga mengijinkan adanya pemuaian (pemanjangan) *shaft* motor akibat peningkatan temperatur.

Apabila peralatan ESP yang mula-mula mengalami kegagalan adalah *protector* maka dianggap motor mengalami korsleting dan minyak motor terkontaminasi oleh fluida sumur.

### **4. Intake**

Intake yang terletak pada bagian bawah pompa disambung dengan menggunakan coupling. Komponen intake seperti *shaft*, *bushing* diperiksa apakah masih baik dan memenuhi spesifikasi atau tidak. Masalah yang terjadi pada intake yaitu scale dan pasir sehingga akan menurunkan laju produksi.

### **5. Pompa**

Komponen dari pompa seperti, *shaft*, *impeller*, *diffuser* diperiksa apakah masih baik dan memenuhi spesifikasi atau tidak. *Shaft* berfungsi untuk meneruskan putaran dari motor ke pompa. Apabila dijumpai *shaft* tidak berputar dengan bebas bisa dipastikan tersumbat oleh material seperti pasir atau *shaft* patah

sehingga putaran dari motor tidak diteruskan ke pompa. *Impeller* pompa bisa menentukan kegagalan pompa akibat *upthrust* atau *downthrust*.

Apabila peralatan ESP yang mula-mula mengalami kegagalan adalah pompa, maka dianggap pada *stage* pompa terdapat material, yang dapat berupa pasir atau material lain. Apabila pasir atau material lain tersebut sampai menyumbat *stage*, maka ada penurunan produksi yang jelas sekali sebelum berhenti. Adapun kegagalan motor yang terjadi adalah merupakan akibat dari kegagalan pompanya, demikian pula halnya dengan kegagalan kabel yang terjadi.

Setelah dilakukan analisa yang menyebabkan kegagalan pompa ESP beroperasi hasilnya dapat digunakan untuk menentukan langkah selanjutnya dalam menetapkan desain yang tepat untuk masa yang akan datang.

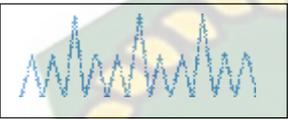
## 2.8. Troubleshooting ESP



Gambar 2. 2 ESP Chart

Cara mengetahui kerja dari pompa ESP adalah dengan membaca garis yang terbentuk pada ESP Chart. Pada ESP Chart kita bisa mengetahui apakah pompa support atau tidak.

Adapun jenis-jenis garis yang biasa tertulis di ESP Chart adalah sebagai berikut :

- a.  Pompa hidup mati yang menandakan pompa tidak *support*. (Contohnya : *Overbalance*)
- b.  Adanya gangguan kepasiran
- c.  Fluida yang diproduksi mengandung gas (harusnya di pasang gas separator)
- d.  Pompa berjalan dengan baik

### 2.9. *Inflow Performance Relationship (IPR)*

Pada pengoperasiannya di lapangan, pompa ESP seringkali ditemukan permasalahan ketidaksesuaian laju alir produksi yang diinginkan (secara teoritis) dengan laju produksi yang sebenarnya, sehingga di perlukan suatu evaluasi terhadap kinerja pompa tersebut untuk mendapatkan hasil yang maksimal efisiensinya (Musnal & Melisa, 2016).

Untuk mengetahui kemampuan suatu sumur berproduksi dapat dilihat dari kurva IPR (*Inflow Performance Relationship*) pada sumur tersebut. Kurva IPR adalah kurva yang menggambarkan suatu kemampuan sumur untuk berproduksi, yang di nyatakan pada suatu bentuk antara laju produksi ( $q$ ) terhadap tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ) (Musnal, 2015).

IPR merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengevaluasi performa reservoir dalam teknik produksi. IPR dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

#### 1. *IPR Single Phase*

*IPR single-phase* adalah IPR yang dipergunakan untuk *undersaturated oil reservoir*, yakni ketika  $p_{wf}$  berada diatas *bubble-point pressure* ( $P_b$ ). Pada

kondisi tersebut gas masih terlarut didalam minyak maka belum ada *free gas* yang terbentuk pada laju alir *reservoir*. Hal ini menyebabkan pada lajur alir fluida hanya terdiri dari satu fasa, yaitu minyak.

## 2. IPR *Two Phase*

Ketika tekanan reservoir berada dibawah bubble point pressure ( $P_b$ ), gas terlarut akan keluar dari minyak dan menjadi free gas. Free gas menempati sebagian ruang dari pori sehingga mengurangi aliran dari minyak dan efek ini dapat dikuantifikasi dengan berkurangnya permeabilitas relatif. Hal ini juga mengakibatkan viskositas dari minyak menurun dikarenakan berkurangnya konsentrasi gas terlarut di dalam minyak. Kombinasi dari perubahan permeabilitas relatif dan perubahan viskositas mengakibatkan berkurangnya laju alir minyak pada bottom hole pressure tersebut. Hal ini mengakibatkan deviasi kurva IPR ketika berada di bawah bubble-point pressure. Semakin rendah tekanan tersebut maka semakin besar deviasinya. Jika tekanan reservoir ( $p$ ) berada dibawah initial bubble point pressure ( $p_b$ ) maka pada reservoir tersebut terdapat aliran minyak dan gas sehingga laju alir pada reservoir disebut sebagai two-phase, karena laju alir terdiri dari dua fasa, yakni minyak dan gas.

## 3. IPR *Three Phase*

IPR three-phase reservoir adalah model IPR yang dipergunakan untuk reservoir tiga fasa dimana fluida yang mengalir adalah minyak, air, dan gas. Salah satu metoda IPR ini adalah metoda Wiggins yang dikembangkan dari metoda Vogel. Metoda ini lebih sederhana daripada metoda three-phase reservoir lainnya.

### 2.10. Perencanaan Pompa ESP

Langkah-langkah dan persamaan yang digunakan dalam perencanaan pemasangan pompa ESP pada suatu sumur :

1. Spesifik gravity campuran antara minyak dan air

$$SG_{MIX} = (W_c \cdot SG_w) + ((1 - W_c) \cdot SG_o)$$

Dimana :

$SG_{MIX}$  : Spesifik Gravity Campuran

$W_c$  : Water cut

$SG_w$  : Spesifik gravity water

$SG_o$  : Spesifik gravity oil

2. Produktifity Indeks

$$PI = \frac{Q}{P_s - P_{wf}} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = PI [P_s - P_{wf}] \dots\dots\dots(2)$$

$$Q_{max} = PI [P_s - P_{wf_{pb}}] \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$$PI = \frac{Q}{P_s - P_{wf}} \dots\dots\dots(4)$$

3. Laju alir maksimum ( $Q_{max}$ )

$$Q_{max} = PI (P_s - P_{wf_{pb}}) \dots\dots\dots(5)$$

Pb merupakan pwf minimum yang direkomendasikan dalam ESP design karena dengan adanya gas akan membuat reda bermasalah. Maka gabungan persamaannya adalah :

$$Q_{max} = \frac{q}{(0,433 \times SG_{mix}) - (WFL - SFL)} \times [0,433 \times SG_{mix} (h_{datum} - SFL) - 0,433 \times SG_{mix} (h_{datum} - WFL)] \dots \dots \dots (6)$$

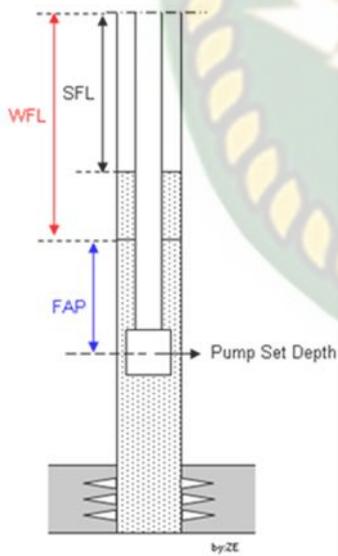
$$Q_{max} = \left( \frac{q}{(WFL - SFL)} \right) \times (WFL - SFL), (BPD/ft) \dots \dots \dots (7)$$

Rumus yang digunakan dalam perhitungan pompa:

$$PI = \frac{q}{WFL - SFL} \dots \dots \dots (8)$$

$$Q_{max} = PI \times (WFL - SFL) \dots \dots \dots (9)$$

$$Q_{max} = PI \times [(Pump\ set - FAP_{min}) - SFL] \dots \dots \dots (10)$$



$$FAP = Pump\ set\ depth - WFL$$

FAPmin = Pressure Intake atau sama dengan Pressure Bubble Point (Pb)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah suatu susunan kegiatan yang dilakukan oleh peneliti yang terdiri dari studi literatur sampai dengan penarikan kesimpulan yang membentuk sebuah alur yang sistematis. Tahapan-tahapan penelitian tersebut dapat di paparkan melalui sebuah *flowchart*. adapun *flowchart* tersebut adalah:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.1 Literature Review

Studi Literatur yang dilakukan dengan teknik pengumpulan data yaitu data primer didapatkan dari hasil penelitian, buku referensi, jurnal, makalah yang sesuai dengan topik penelitian. Metode penelitian yang digunakan adalah *Field Reasearch* atau penelitian dengan metode pengumpulan data yang kompleks karena melibatkan berbagai faktor dalam pelaksanaannya. Metode ini juga dapat merekam berbagai fenomena yang terjadi dan teknik pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian ini adalah mempelajari proses kerja dan gejala-gejala alam yang terjadi selama proses penelitian.

### 3.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian berlokasi di PT. Chevron Pacifick Indonesia.

### 3.3 Jadwal Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada April – Juni 2022 untuk mengevaluasi kegagalan dan penyelesaiannya pada lapangan X.

**Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian**

No	Jenis Kegiatan	Tahun 2021 – 2022			
		Februari	Maret	April	Mei
1	Studi Literatur				
2	Pengumpulan Data				
3	Pembuatan Proposal				
4	Seminar Proposal				
5	Pengolahan data				
6	Pembahasan dan Kesimpulan				
7	Penyelesaian Tugas Akhir				

### 3.4 Jenis Data

Data dalam penelitian ini adalah data primer yang dikumpulkan dari beberapa data DIFA dan data Laju Alir Produksi sumur ESP dengan tambahan referensi dari buku-buku, paper atau jurnal dan diskusi dengan berbagai narasumber berpengalaman dilapangan maupun dengan dosen pembimbing.

### **3.5 Prosedur Penelitian**

#### **a. Tahap Persiapan**

Pada tahap persiapan ini peneliti mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas. Informasi ini dapat diperoleh dari berbagai sumber baik itu buku, jurnal atau paper, diskusi langsung dengan dosen pembimbing ataupun orang-orang lapangan yang paham mengenai materi yang akan di bahas tersebut.

#### **b. Pengolahan Data**

Pada tahap pengolahan data ini peneliti mengolah data DIFA dan data Laju Alir Produksi yang telah diperoleh dan dari data tersebut peneliti mengevaluasi penyebab terjadinya permasalahan pompa ESP pada lapangan tersebut.

#### **c. Analisis Hasil Penelitian**

Analisis hasil penelitian ini merupakan tahap dimana dari penelitian dilakukan hasil yang diperoleh oleh penelitian tersebut apakah aspek – aspek penyebab terjadinya kerusakan pompa dan penyelesaian permasalahan pada lapangan tersebut.

#### **d. Pembahasan**

Pada tahap pembahasan ini merupakan tahap akhir dari penelitian ini dimana pada tahap ini merupakan hasil akhir yang akan disimpulkan dari evaluasi yang telah di lakukan sehingga nanti dapat disimpulkan hasil-hasil yang telah diperoleh selama penelitian berlangsung.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerusakan-kerusakan pompa ESP selama operasi berlangsung biasanya disebabkan diantaranya karena penanganan yang salah, perubahan kondisi dari reservoir, ikut terproduksinya pasir yang ada dibawah permukaan sehingga merubah kondisi kerja dari unit ESP, terbentuknya scale didalam unit pompa yang dapat menghambat aliran fluida dan perputaran peralatan yang akan memproduksi fluida dari bawah permukaan.

Untuk mengatasi dan mengantisipasi masalah-masalah yang datang di kemudian hari maka untuk setiap permasalahan pompa ESP yang ditemukan dilapangan maka dilakukan analisa-analisa untuk mengetahui penyebab utama (primary cause) dari pompa yang bermasalah tersebut dan dari hasil analisa tersebut nantinya akan menghasilkan sebuah kumpulan data yang bisa dipakai sebagai referensi dalam mengatasi permasalahan pompa ESP di suatu lapangan. Diantara motoda analisa yang ada yaitu motoda Trouleshooting report, dan metode DIFA, dan untuk mendukung analisa yang akan dilakukan guna menentukan kerusakan peralatan digunakan data-data yang lain diantaranya data Isntallation Report dan Producer Well History Report.

### 4.1 Analisa Troubleshooting

Perubahan kondisi reservoir seperti ikutnya pasir terproduksi ke permukaan, terjadinya *scaling*, tersumbatnya lubang ferforas, serta timbulnya gas. Semua perubahan ini dapat diketahui dengan menggunakan recording chart yang merekan kinerja pompa dari setiap sumur secara kontinu. Adapun problem – problem yang sering didapat pada ESP unit adalah *Underload* ( amper yang rendah ), *overload* ( amper yang tinggi ), motor *burn out* ( motor terbakar ).

Dilapangan untuk masalah *underload* dan *overload* bisa denga cepat diketahui oleh operator lapangan denga mengacu pada ammeter chart yang terpasang pada *switchboard* sedangkan untuk mengetahui motor terbakar harus dicek oleh orang listrik.

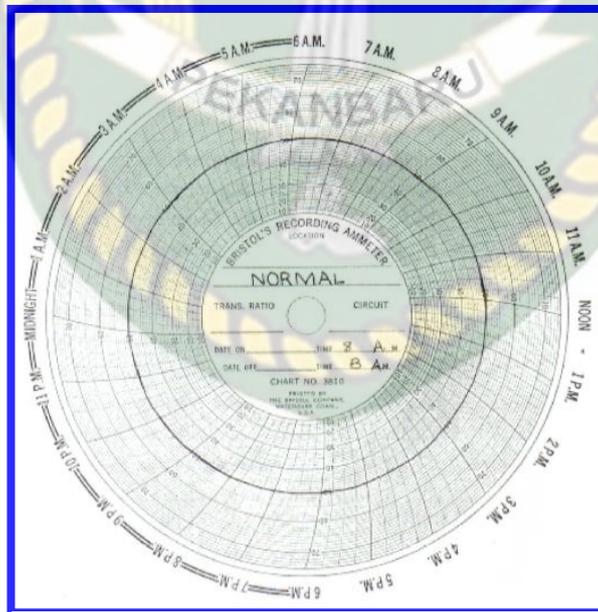
Semua permasalahan yang terdapat diatas pada unit ESP terekam pada ammeter chart, dari ammeter chart ini dapat diketahui masalah masalah yang sedang terjadi pada unit pompa seperti :

1. Fluktuasi dari primaty power line voltage
2. Operasi *Low amperage*
3. Operasi dari *High Amperage*

Dari beberapa contoh ammeter chart berikut ini dapat dilihat interpretasi dan hubungannya dengan petunjuk dalam troubleshooting dan preventive maintenance dari unit ESP berikut:

#### A. Operasi Normal (*Normal Operation*)

Pada chart yang ada dibawah ini kelihatan bahwa pada saat pertama distart, motor memerlukan arus extra. Setelah itu motor dapat hidup dengan muatan arus yang stabil, karena jumlah dan densitas fluida yang dipompakan hampir selalu dalam keadaan yang sama.

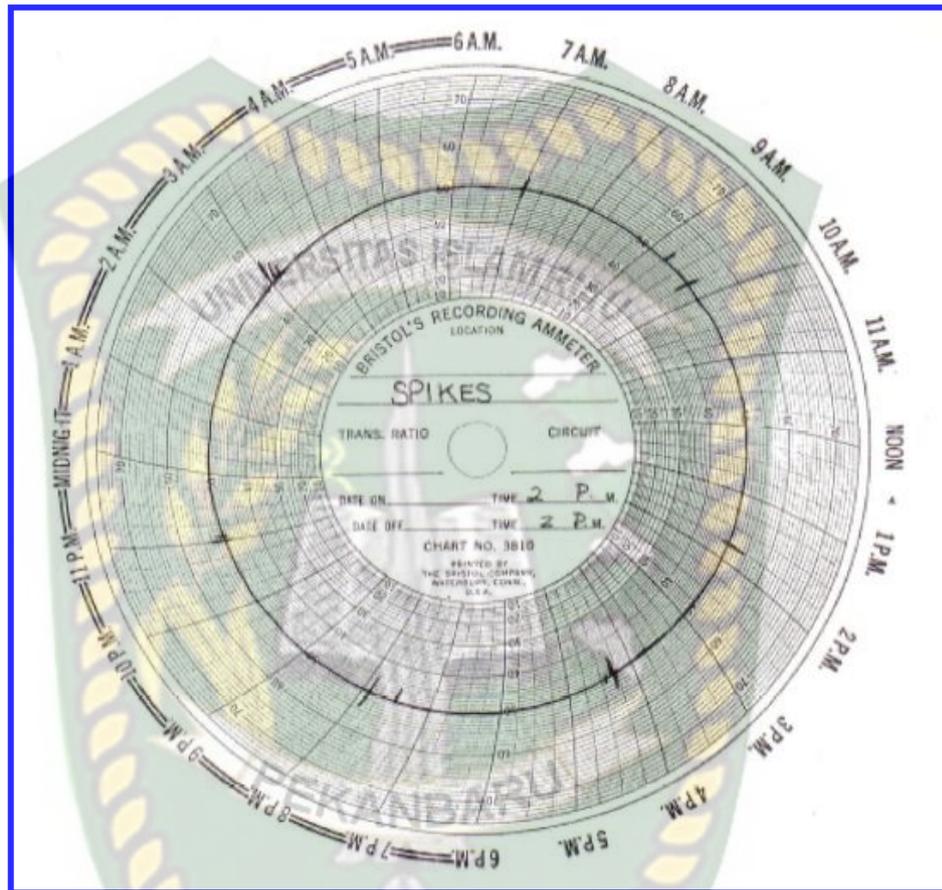


Gambar 4. 1 Ammeter Chart Operasi Normal

#### B. Kick / Spikes

Pada chart dibawah ini terlihat adanya kick (goresan) yang disebabkan oleh tidak stabilnya power. Umumnya menyebabkan fluktuasi power karena adanya primary power system mendapat beban yang sangat besar seperti hidupnya pompa

besar dipermukaan ( shipping pump atau injection pump ) namun untuk spikes ini jika tidak terlalu sering dan besar tidak akan mengganggu operasi.



Gambar 4. 2 Spikes

### C. Gas locking

Untuk kejadian gas locking ini pada ammeter chart dapat diamati gejalanya sebelum terjadinya gas locking tersebut.

#### Bagian A.

Memperlihatkan start up. Pada bagian ini fluida dalam annulus masih tinggi sehingga produksi dan arus masih diatas normal karena masih dalam proses total dinamik head dari fluida.

Bagian B.

Pada bagian ini terlihat goresan chart masih dalam keadaan normal karena disaat itu produksi masih disekitar desain point.

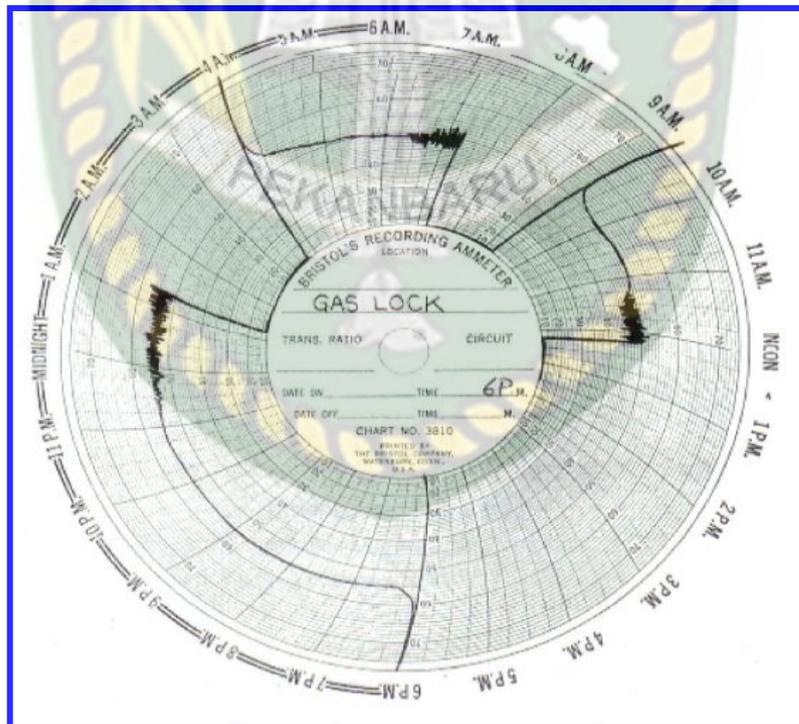
Bagian C.

Ampere mulai memperlihatkan goyangan ke bawah menandakan level fluida sudah mendekati pump intake.

Bagian D.

Pada bagian ini terlihat penurunan pada arus begitu produksi turun dibawah desain point dan terjadi fluktuasi setelah gas banyak masuk kedalam pompa.

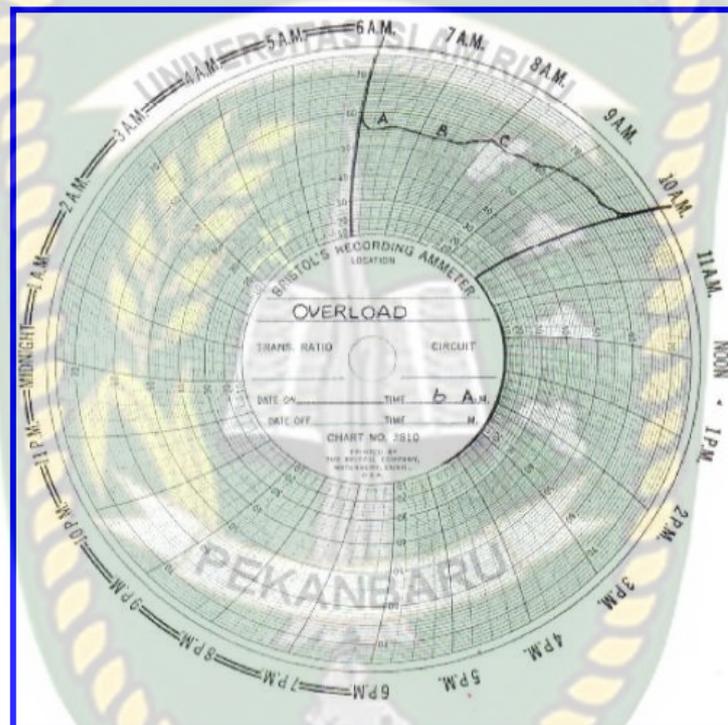
Untuk kasus gas locking ini usaha yang dapat dilakukan adalah menurunkan pump set atau men-choke produksi sehingga didapat level yang cukup dalam annulus. Atau pompa perlu diresize diwaktu penggantian berikutnya.



Gambar 4. 3 Gas Locking

#### D. *Overload*

Chart dibawah ini menunjukkan bahwa unit mati dalam keadaan overload dan dalam keadaan seperti ini tidak bisa dihidupkan kembali secara otomatis karena masih dalam keadaan overload. Kemungkinan penyebabnya adalah bertambahnya spesifik grafiti atau viscositas fluida, fluida bercampur pasir atau lumpur, mechanical problem pada pompa dan lain-lain.



**Gambar 4. 4 Overload**

Ini adalah sebuah chart dari sebuah unit yang telah shut down sehubungan dengan kondisi-kondisi kelebihan beban (arus tinggi).

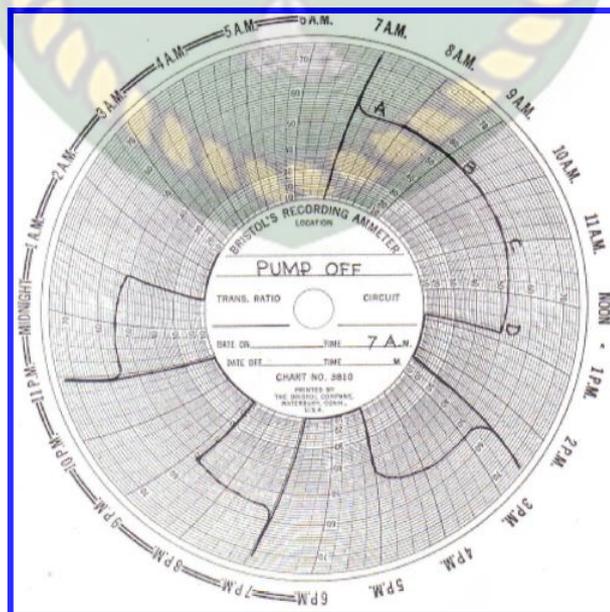
Bagian A kurva menunjukkan start up pada amper dibawah nameplate (normal bagikonfigurasi unit tertentu), dan secara bertahap meningkat ke normal.

Bagian B menunjukkan unit running secara normal.

Bagian C menunjukkan suatu peningkatan bertahap dalam amper sampai unit akhirnya jatuh keluar garis sehubungan dengan kelebihan beban. Sampai penyebab dari kelebihan beban ini telah dikoreksi, restart sebaiknya tidak dicoba. Instalasi lengkap sebaiknya diperiksa sebelum mencoba sebuah restart.

**E. Under Load**

Pada kasus *underload* ini pompa mengalami kekurangan arus yang menyebabkan pompa mati, sebuah chart (gambar 4.5) dari sebuah unit yang telah di-pump off dan shut down pada kekurangan arus, direstart secara otomatis dan shut down untuk alasan yang sama. Analisa dari bagian-bagian A, B, dan C identik dengan gas locking kecuali tidak ada fluktuasi-fluktuasi keluaranya gas bebas yang nyata, sehubungan dengan asumsi tidak ada gas. Dalam bagian D, tinggi fluida mendekati intake pompa dan laju alir dan penurunan amper. Akhirnya, tinggi kekurangan arus yang diset sebelumnya dicapai, dan unit jatuh keluar garis. Seperti dikemukakan, saat sebuah unit jatuh keluar garis sehubungan dengan kekurangan arus, sebuah urutan restart otomatis dipicu. Seperti ditunjukkan, unit direstart secara otomatis setelah penundaan waktu preset. Selama shut down, fluida meningkat sedikit. Ketika unit di-restart, tinggi fluida belum mencapai static. Dengan demikian, siklus pump off bermula di suatu tempat dalam bagian C. masalah berputar di sekitar fakta bahwa unit terlalu besar bagi aplikasi tersebut. Tindakan perbaikan sama dengan yang untuk gas locking, ditambah satu lagi. Sebuah perlakuan stimulasi bisa meningkatkan produktivitas sumur untuk menyesuaikan dengan unit.



**Gambar 4. 5 Under Load**

#### 4.2 Evaluasi Kegagalan Pompa

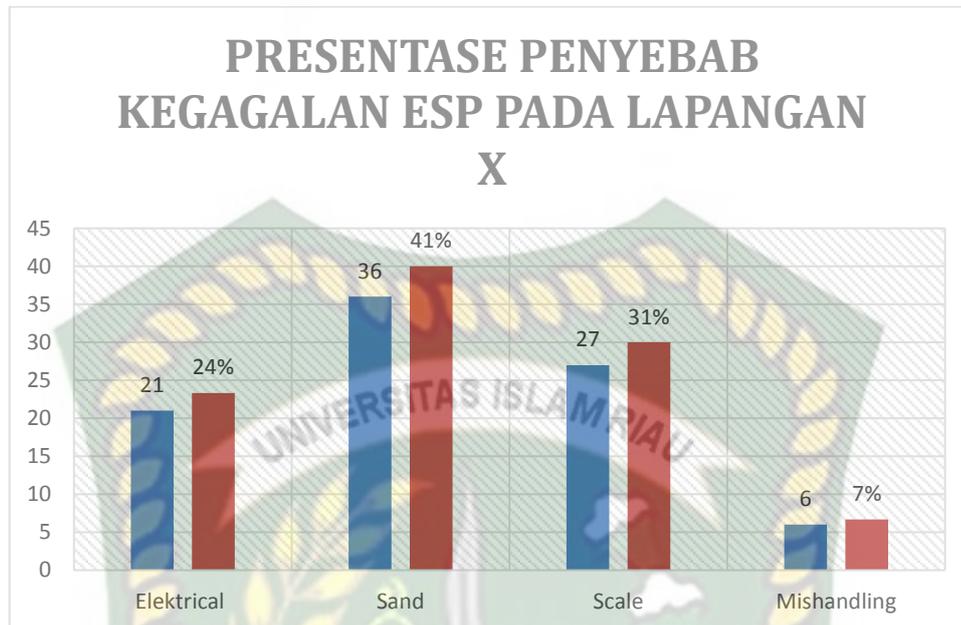
Evaluasi permasalahan penyebab kegagalan pompa ESP pada saat beroperasi merupakan suatu pengamatan lebih lanjut yang dilakukan pada sumur sumur yang pompa ESP nya gagal beroperasi, evaluasi yang dilakukan tentunya berdasarkan data-data dan informasi operasi dari pompa yang mengalami kegagalan.

Dalam mengevaluasi permasalahan pompa ESP historical data tentang operasi dan desain pompa yang dipergunakan sebelumnya juga harus dilihat sebagai bahan pertimbangan dalam rangka menentukan kondisi-kondisi pompa yang mana saja yang beroperasi sebelum mengalami kerusakan.

Evaluasi kegagalan pompa ESP ini dilakukan selama tiga setengah tahun dimulai dari Januari 2003 sampai dengan Juni 2005 terhadap 90 sumur yang mengalami kegagalan pompa ESP yang beroperasi. Dari evaluasi kerusakan yang dilakukan akan dibuat pengelompokan terhadap permasalahan yang terjadi, serta peta penyebaran lokasi sumur berdasarkan permasalahan yang dihadapi sehingga nantinya dapat dilihat lokasi mana saja sering terjadi kegagalan pada pompa ESP berdasarkan jenis permasalahan yang ditemukan dan dihitung persentasenya.

**Tabel 4. 1 Klasterisasi Penyebab Kerusakan Pompa Esp Dilapangan X**

<b>Masalah</b>	<b>Jumlah</b>
<i>Elektrical</i>	21
<i>Sand</i>	36
<i>Scale</i>	27
<i>Mishandling</i>	6
<b>Jumlah</b>	90



**Gambar 4. 6 Persentase Penyebab Kerusakan ESP Dilapangan X**

Dari hal hal penyebab kerusakan pompa ESP yang terdapat pada lapangan X didapatkan kasus paling sering terjadi di sebabkan oleh sand dengan presentase 41%, selanjutnya di susul dengan scale 31%, electikal 24%, dan mishandling 7% terlihat pada gambar 4.6.

#### 4.2.1 Evaluasi Masalah Kepasiran

Ikut terproduksinya pasir bersama fluida produksi merupakan problem yang sering dihadapi di lapangan minyak, yang biasanya berhubungan dengan formasi yang dangkal berumur tua, dan pada beberapa daerah problem kepasiran dijumpai pada ke dalaman 12.000 ft atau lebih. Hal ini disebabkan karena sumur-sumur berproduksi dari lapisan unconsolidated (mudah lepas), sehingga dapat mengganggu produktivitas sumur serta dapat merusak peralatan produksi. Problem ini disebabkan karena adanya butiran berukuran pasir disekitar sumur terbawa aliran fluida dan tertimbun didasar sumur (untuk butiran besar) atau terbawa kepermukaan (untuk butiran kecil) (K GURUSINGA - 2021).

Untuk sumur-sumur minyak yang menggunakan pompa ESP masalah kepasiran merupakan masalah yang sering ditemui. Proses terjadinya masalah kepasiran ini ada pompa ESP ini yaitu pasir yang ada diformasi produktif terproduksi bersama-sama fluida masuk ke dalam pompa melalui intake dan berkumpul dicelah-celah impeller, sehingga putaran impeller tidak sanggup

berputar dan tidak dapat mengangkat fluida kepermukaan. Dengan tertahannya putaran impeller oleh pasir sementara itu motor terus saja memutar shaf sehingga motor mendapatkan beban yang sangat besar dan jika unit pompa ESP mengalami hal seperti ini maka motor akan terbakar.

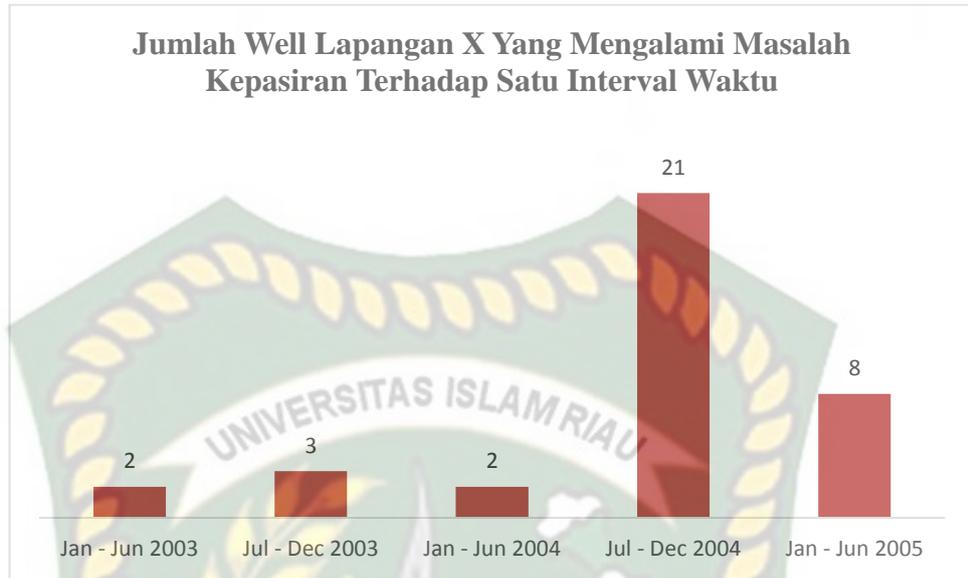
Untuk menghadapi masalah kepasiran ini banyak hal yang bisa dilakukan diantaranya dengan mengatur settingan kedalam pompa, pemilihan bahan impeller dan difusher dari bahan yang tahan terhadap pasir, melakukan kompleksi dengan menggunakan liner dan gravel pack, mengganti desain pompa dengan yang lebih kecil dan lain sebagainya.



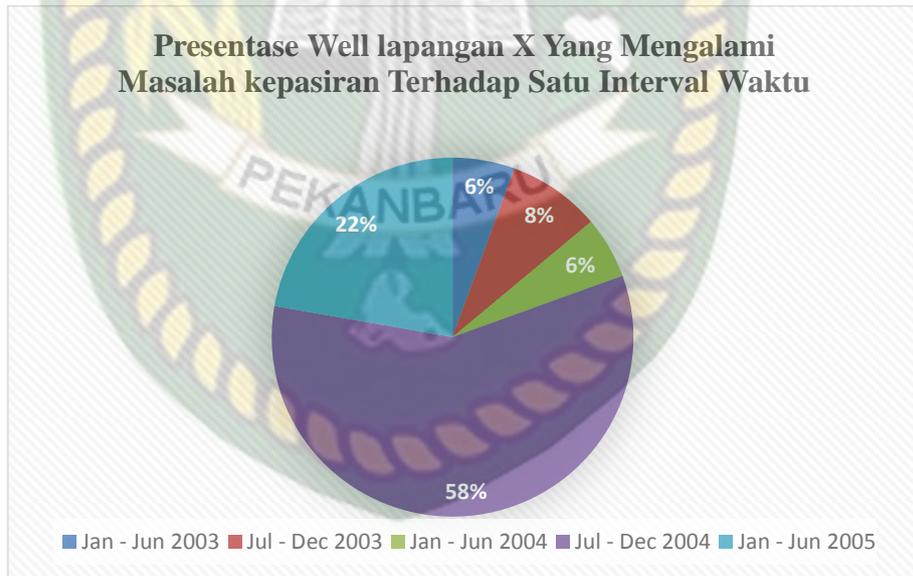
**Gambar 4. 7 Pompa Yang Mengalami Masalah Kepasiran**

**Tabel 4. 2 Jumlah well lapangan X yang mengalami masalah kepasiran terhadap satu interval waktu**

Date	Amount of Failure
Jan - Jun 2003	2
Jul - Dec 2003	3
Jan - Jun 2004	2
Jul - Dec 2004	21
Jan - Jun 2005	8
<b>Jumlah</b>	<b>36</b>



**Gambar 4. 8 Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Kepasiran Terhadap Satu Interval Waktu**



**Gambar 4. 9 Presentase Well lapangan X Yang Mengalami Masalah kepasiran Terhadap Satu Interval Waktu**

Dari gambar 4.8 dapat dilihat interval waktu pengujian dari Januari 2003 sampai Desember 2005 pada lahan X dengan jumlah sumur yang di evaluasi 90 Well. dan pada gambar 4.9 didapatkan pada reng waktu dari bulan juli sampai bulan Desember 2004 adalah sumur yang paling banyak kerusakan pompa dengan 58% pompa yang mengalami kerusakan di akibatkan dengan masalah kepasiran.

#### 4.2.2 Evaluasi Masalah *Scale*

*Scale* adalah endapan yang terbentuk dari proses kristalisasi dan pengendapan mineral yang terkandung dalam air formasi. Pembentukan *scale* biasanya terjadi bidang-bidang yang secara fisik bersentuhan langsung dengan air formasi selama proses produksi, seperti halnya matrik dan rekahan formasi, lubang sumur, rangkaian pompa dalam sumur (*downhole pump*), pipa produksi, pipa selubung, pipa alir, serta peralatan produksi di permukaan (*surface facilities*). Pengendapan *scale* akan menghambat aliran fluida baik dalam formasi, lubang sumur maupun pada pipa-pipa di permukaan. Pencegahan terbentuknya *scale* adalah usaha preventif yang dilakukan sebelum terbentuknya endapan *scale*. Pada kenyataannya proses pembentukan *scale* sama sekali tidak dapat dicegah, sehingga upaya yang dilakukan semata-mata hanyalah meminimalisasi pembentukan dan terutama pengendapan *scale*, sehingga permasalahan yang terjadi sebagai akibat dari pengendapan tersebut dapat dicegah (IPS Marsalina -, 2021).



Gambar 4. 10 Unit Pompa Yang Mengalami Masalah *Scale*

Penyebab terjadinya *scale* ada beberapa macam yaitu:

a. *Incompatible water* adalah bercampurnya dua jenis air lapisan yang tak bisa digabungkan, hal ini disebabkan karena kandungan dari berbagai macam partikel dalam air formasi dengan sifat-sifat yang berlainan. Jika kedua macam air ini bergabung akan terjadi reaksi partikel-partikel yang berlainan sifat tersebut

sehingga akan terbentuk zat baru yang berbentuk kristal-kristal atau endapan-endapan.

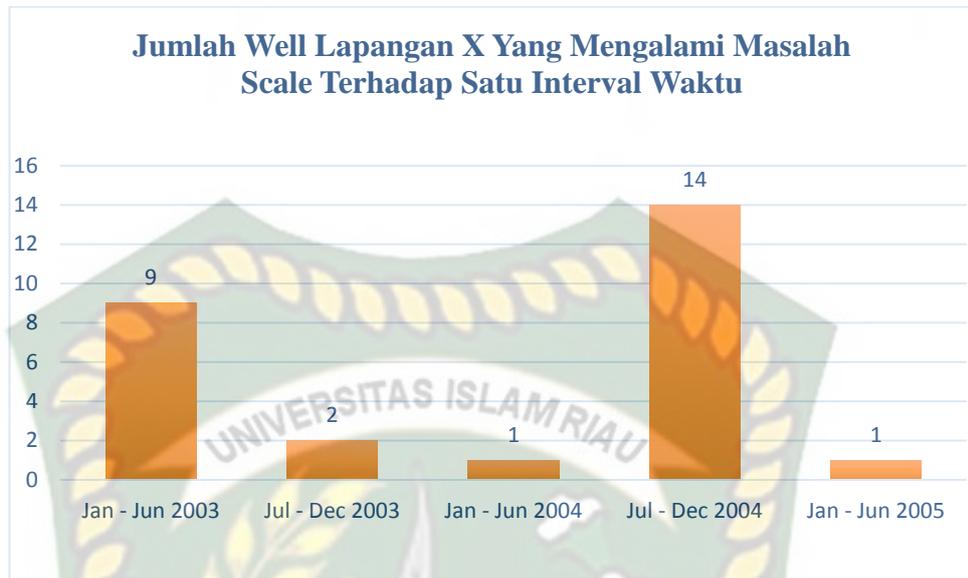
b. *Pressure Drop* adalah turunnya tekanan sumur pada waktu diproduksi.

c. Perubahan Temperatur, sejalan dengan berubahnya temperatur (ada kenaikan suhu) maka akan terjadi penguapan sehingga terjadi pula perubahan kelarutan yang akan mempunyai akibat yang sama dengan perubahan tekanan, karena perubahan tekanan akan mengakibatkan pula terjadinya perubahan temperatur.

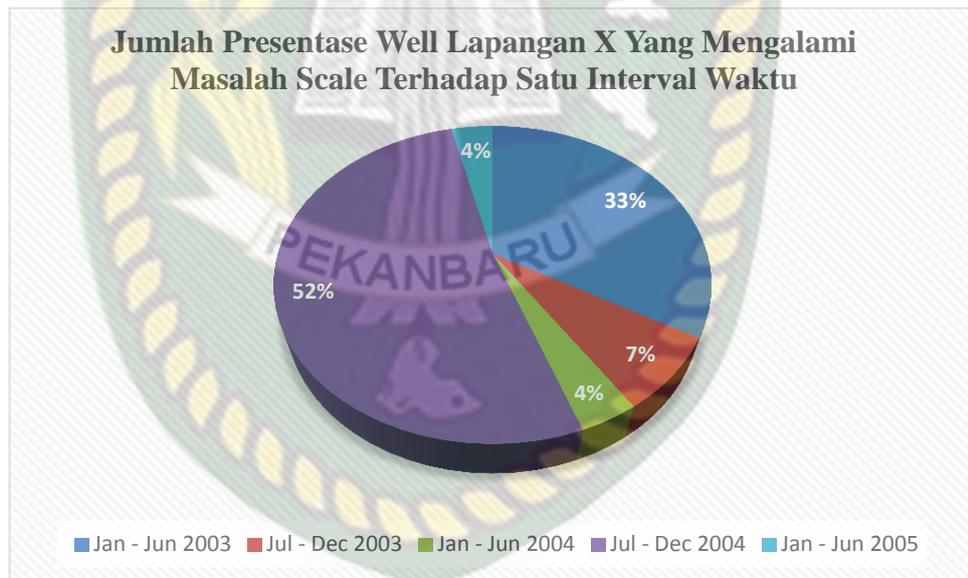
Dan apabila scale ini sudah terbentuk pada pompa bisa menimbulkan kegagalan dari unit pompa untuk beroperasi, hal ini terjadi karena scale yang terdapat diantara stages akan mencegah dari unit pompa untu berputas secara bebas, dn pada konsisi seperti ini motor akan membutuhkan amperage yang lebih besar untuk mempertahankan kan agar motor dapat berputar, dengan semakin naiknya *amperage* yang di konsumsi oleh pompa sehingga mencapai *overload* setting dan motor *controller* akan mematikan pompa untk mencegah kerusakan yang lebih parah.

**Tabel 4. 3 Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Scale Terhadap Satu Interval Waktu**

<b>Date</b>	<b>Amount of Failure</b>
Jan - Jun 2003	9
Jul - Dec 2003	2
Jan - Jun 2004	1
Jul - Dec 2004	14
Jan - Jun 2005	1
<b>Jumlah</b>	<b>27</b>



**Gambar 4. 11 Grafik Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Scale Terhadap Satu Interval Waktu**



**Gambar 4. 12 Jumlah Presentase Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Scale Terhadap Satu Interval Waktu**

Dari tabel 4.3 diatas dapat jumlah presentase pengujian sumur pada lapangan X dan diketahui bahwa paling sering dilakukan pengujian pada pompa di lapangan X pada interval waktu bulan juli sampai dengan bulan desember 2004 dengan jumlah presentase 52% dapat dilihat pada gambar 4.12.

### 4.2.3 Evaluasi Masalah *Electrick*

Pompa ESP salah merupakan pompa *electrick* yang diletakkan di bawah permukaan, pada suatu unit elektrik tentunya banyak hal yang bisa terjadi yang akan mengakibatkan terganggunya unit tersebut untuk beroperasi. Dan pada pompa ESP khususnya pada motor masalah-masalah yang sering di temui diantaranya:

1. *Zero Meg*
2. *underload (Low Amp)*
3. *Overload (Higt Amp)*
4. *Motor Burn Out*

Pada kasus *underload* dan *overload* bisa cepat diketahui oleh pumper dilapangan dengan cara melihat *ammeter chart* pada control panel. Sedangkan untuk mengetahui motor terbakar harus dilihat oleh teknisi listrik.

Adapun penyebab kebanyakan dari motor yang mengalami *underload* yaitu:

- Produksi fluida dari dalam reservoir sudah menurun
- Produksi dari sumur minyak yang banyak membawa gas
- Ukuran pompa yang digunakan kebesaran
- Shaft protektor dan pompa patah

Sedangkan untuk kasus yang menyebabkan pompa ESP mengalami *overload* yaitu:

- berat jenis fluida yang dipompakan bertambah hal ini bisa disebabkan fluida bercampur denga pasir atau lumpur.
- Kalau motor mengalami *underload* yang telalu lama karena *underload* relay tidak bekerja akhirnya bisa *overload*.
- Terjadinya kerusakan pada peralatan yang terdapat pada kontrol panel.
- Putaran pompa tersendat dikarenakan pompa mengalami *stuck*.

Dalam pemasalahan-permasalahan pada pompa ESP yang dikarenakan oleh masalah listrik yang akhirnya menyebabkan pompa mati dalam keadaan *underload* unit pompa dapat hidup kembali dengan otomatis, sedangkan kalau unit pompa mati dalam keadaan *overload* pompa tidak dapat dihidupkan secara otomatis. Untuk daerah operasi lapangan X *overload* dan *underload* diatur sebagai berikut:

- *Overload relay* diatur + 10 % diatas load yang tertulis pada nameplate motor.
- *Underload relay* diatur + 15 % dibawah load yang sedang jalan (running amper)

Untuk masalah terbakarnya motor reda banyak disebabkan oleh:

- Air atau fluida formasi masuk kedalam motor
- Motor hidup melebihi maximum amper yang diperbolehkan
- ESP unit bekerja dalam keadaan *underload* terlalu lama sehingga mengakibatkan pompa panas dan panas ini merambat ke motor sehingga merusak isolasi motor.
- Motor terlalu sering hidup mati sehingga ia akan sering mengalami load yang tinggi karena setiap pertama start motor membutuhkan load 3 kali full load.

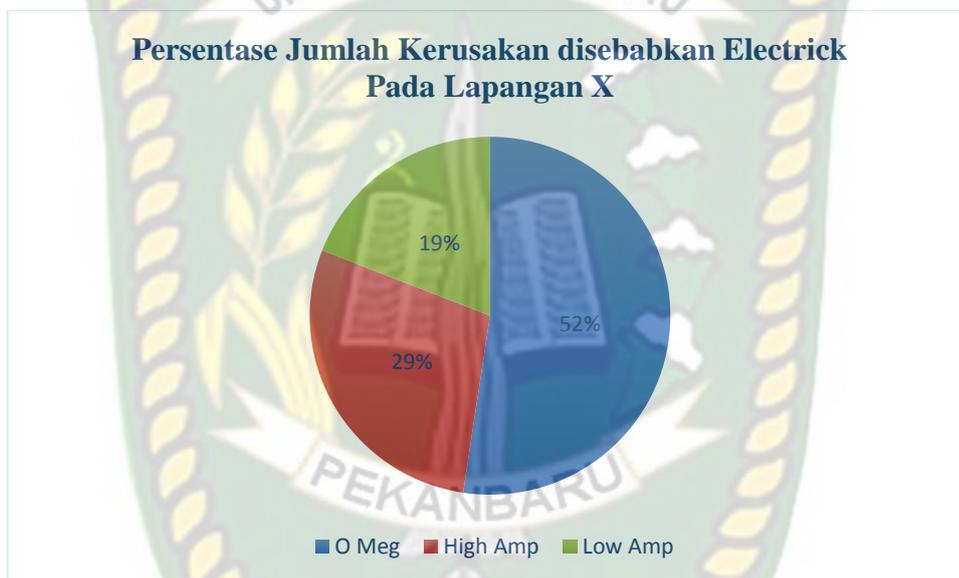


Gambar 4. 13 Unit Pompa Yang Mengalami Masalah Electrical

Dari evaluasi di lapangan, jumlah DIFA Well yang mengalami masalah elektrik dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4. 4 Tabel 4. 5Jumlah Kerusakan Pompa ESP Yang Disebabkan Masalah Elektrik Dilapangan X**

Masalah	Jumlah Masalah
O Meg	11
High Amp	6
Low Amp	4
<b>Total</b>	<b>21</b>



**Gambar 4. 14 Persentase Jumlah Kerusakan disebabkan Electric Pada Lapangan X**

Dari gambar 4.15 dapat dilihat bahwa penyebab kegagalan pompa ESP untuk beroperasi di lapangan X adalah 52 % terjadi karena O Meg, dengan jumlah sumur yang mangalami masalah elektrik sebanyak 21 kasus yang dievaluasi dengan interval waktu dari januari 2003 sampai dengan desember 2005.

#### **4.2.4 Evaluasi Masalah *Mishandling***

Komponen utama ESP walaupun terlindungi oleh pipa selubung yang terbuat dari baja, tetap saja harus ditangani secara khusus. Untuk bagian motor walaupun secara fisik terlihat perbandingan antara panjang dan diameter sangat besar misalnya : motor dengan panjang 30 ft dan diameter 5.5 inchi jika tidak

diperlakukan dengan baik pada saat pengangkatan tentunya bisa mengakibatkan pembengkokan (*deflex*) yang nantinya bisa membuat motor tidak dapat bekerja sebagai mana mestinya. Oleh karena itu setiap pabrik yang membuat ESP selalu mengirimkan komponen-komponen ESP seperti pompa, motor, protektor, dan lain-lainnya didalam sebuah *shipping box steel* yang juga berfungsi sebagai pelindung dari benturan.

Pengangkutan unit ESP merupakan bagian yang sangat penting, proses peletakan, guncangan dan penanganan yang tidak baik akan menyebabkan bagian – bagian dari pompa ESP tersebut akan rusak seperti bagian shaft, bearing dan seal, dan kerusakan kerusakan kecil ini akan sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa.



**Gambar 4. 15 Kerusakan Pompa Diakibatkan Masalah Mishandling**

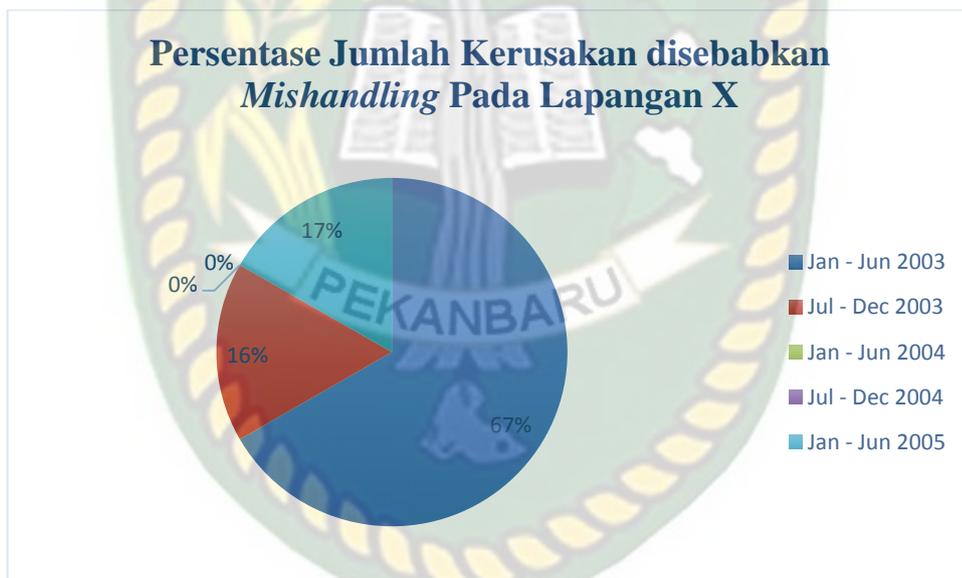
Dari evaluasi di lapangan, jumlah DIFA Well yang mengalami masalah *Mishandling* dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4. 5 Jumlah Well Lapangan X Yang Mengalami Masalah Mishandling Terhadap Satu Interval Waktu**

Date	Amount of Failure
Jan - Jun 2003	4
Jul - Dec 2003	1
Jan - Jun 2004	0
Jul - Dec 2004	0
Jan - Jun 2005	1
<b>Jumlah</b>	<b>6</b>



**Gambar 4. 16 Jumlah Kerusakan disebabkan Mishandling Pada Lapangan X**



**Gambar 4. 17 Persentase Jumlah Kerusakan disebabkan Mishandling Pada Lapangan X**

Dari data yang di evaluasi terlihat pada tabel 4.4 yang mana dari 90 data sumur yang dilakukan Difa didapatkan permasalahan *Mishandling* dengan jumlah 6 sumur dengan interval waktu dari januari 2003 sampai desember 2005. Dan dari Gambar 4.18 di dapatkan jumlah presentase paling banyak pada januari sampai dengan bulan juni 2003 yaitu 67% mengalami kerusakan karena *Mishandling*.

### 4.3 Design Ulang Pompa

Banyaknya permasalahan-permasalahan yang menyebabkan kegagalan pada pompa ESP dilapangan X, yang diantaranya masalah kepasiran, scale maupun elektrik, salah satu cara untuk menanggulangi permasalahan yang ada dengan merisize ukuran pompa yang mana tujuan utamanya untuk menurunkan ukuran pompa sehingga dapat memperkecil kemungkinan pasir maupun scale untuk kembali terproduksi dan akan memperpanjang umur dari sumur untuk berproduksi.

Berikut perhitungan size down yang dilakukan untuk sumur MH-1230:

Data yang dibutuhkan adalah sbb:

1. Data Produksi Terakhir
  - a. Pompa Terakhir yang digunakan
  - b. Produksi Fluida Perhari, BFPD
  - c. Produksi Minyak Perhari, BOPD
  - d. Working Fluid Level (WFL), ft
  - e. Statik Fluid Level (SFL), ft
  - f. Operating Tibung Pressure (OTP), psi
2. Data Fluida Formasi
  - a. Tekanan bubble (Pb), psi
  - b. SG Water
  - c. API Oil

## Data Produksi

- Pompa Terakhir yang digunakan: GN2000/129/120HP
- Dengan kemampuan optimum: 1908 BFPD
- BFPD = 1272 bfpd
- BOPD = 204 bopd
- $WC = \left[ \frac{BFPD - BOPD}{BFPD} \right] \times 100$   
 $WC = 84.0 \%$
- SFL = 744 ft
- WFL = 3255 ft
- OTP = 90 psi
- Pompa Terakhir yang digunakan: GN2000/129/120HP.
- $SG_{oil} = \frac{141.5}{API + 131.5}$   
 $= \frac{141.5}{33 + 131.5}$   
 $= 0.86$
- $SG_{mix} = (WC \times SG_w) + ((1 - WC) \times SG_o)$   
 $= (0.84 \times 0.98) + ((1 - 0.84) \times 0.860)$   
 $= 0.9608$
- Tekanan Intek = [Pump Set – WFL] x 0.433 x  $SG_{mix}$   
 $= [4507 - 3255] \times 0.433 \times 0.9608$   
 $= 521 \text{ Psi}$

Perhitungan data

- *Friction Loss (f)*

$$f = \frac{0.2083 \times (100/C)^{1.852} \times Q^{1.852}}{ID^{4.8655}} \times PumpSet/100$$

$$f = \frac{0.2083 \times (100/80)^{1.852} \times 37.10^{1.852}}{2.992^{4.8655}} \times 4507/100$$

$$f = 56 \text{ ft}$$

Nilai C dapat dilihat pada lampiran.

- *OTP Head*

$$= \frac{OTP}{0.433 \times SG_{mix}}$$

$$= \frac{90}{0.433 \times 0.9608}$$

$$= 216 \text{ ft}$$

- $FAP_{min} = \frac{Pb}{0.433 \times SG_{mix}}$   
 $= \frac{243}{0.433 \times 0.9608}$   
 $= 584 \text{ ft}$

- *Total Dynamic Head*

$$TDH = Pump Set - FAP_{min} + Fraction Loss + OTP Head$$

$$TDH = 4507 - 584 + 55 + 216$$

$$TDH = 4195 \text{ ft}$$

- *Stages Required*  $= \frac{TDH}{HD/STG} = \frac{4195}{20.510}$   
 $= 204.55 \text{ stg}$

Untuk perhitungan size down maka dipilih pompa: DN1300 dengan optimum range 960 BFPD sampai dengan 1640 BFPD, Dengan *Stages* dan *Horse Power* yang tersedia seperti yang terdapat pada table dibawah ini.

**Tabel 4. 6 Tabel Stages dan Horse Power**

Stages yang tersedia	HP yang tersedia
200	50
202	60
218	80
219	120
220	150
257	160

- Untuk pompa DN-1300 didapat data dari Pump Performance Curve (lampiran).

$$\text{HD / STG} = 20.673$$

$$\text{HP / STG} = 0.307$$

$$\text{Effisiensi terbaik} = 63.30 \% @ 1283 \text{ BFPD}$$

Dari tabel size pompa (lampiran) dapat kita ambil Stage nya yang 218 Stg, karena ukuran ini yang mendekati dengan 204.55 Stg

- $\text{HP Required} = (\text{Stage yang Tersedia}) \times (\text{HP / Stg})$   
 $= 218 \times 0.310$   
 $= 67.58 \text{ HP}$

- $\text{HP}_{\text{MIN}} = (\text{HP Required}) \times (\text{SG}_{\text{mix}})$   
 $= 67.58 \times 0.9608$   
 $= 64.93 \text{ HP}$

Dikarenakan HP minimum yang diperbolehkan untuk desain pompa ini adalah 64.93, maka kita memilih Hp yang berada diatas HP minimum dan untuk seri DN 1300 ini HP yang berada diatas HP minimum adalah 80 Hp. Sehingga sebagai hasil akhir sumur ini direkomendasikan menggunakan pompa DN-1300/218/80 Hp

Dimana:

DN = seri pompa 400 (OD 5.4")

1300 = kapasitas pompa dalam BPD

218 = menunjukkan jumlah *stage*

80 = menunjukkan besar *horse power motor*

#### 4.4 Pembahasan

Kerusakan yang di alami pompa ESP selama operasi berlansung biasanya disebabkan diantaranya karena penanganan yang salah, perubahan kondisi dari reservoir, ikut terproduksinya pasir yang ada dibawah permukaan sehingga merubah kondisi kerja dari unit ESP, terbentuknya scale didalam unit pompa yang dapat menghambat aliran fluida dan perputaran peralatan yang akan memproduksi fluida dari bawah permukaan.

Evaluasi mengenai permasalahan penyebab kegagalan unit ESP dilapangan X dimulai dari bulan januari 2003 sampai dengan bulan juni 2005. evaluasi yang dilakukan meliputi masalah mishandling, masalah kepasiran, masalah scale dan masalah electric.

Pemasalahan ESP dilapangan X untuk kasus terbesar yang dialami sumur sehingga menyebabkan kegagalan dari unit ESP beroperasi yaitu masalah kepasiran. Kasus masalah kepasiran ini sebanyak 41% dari 90 kasus yang terjadi dilapangan Kotabatak. Untuk kasus yang disebabkan masalah scale sebanyak 31%, untuk masalah elektrik sebanyak 24%, dan untuk kasus – kasus yang disebabkan oleh kesalahan penanganan sebanyak 7%.

Permasalahan yang dialami pompa ESP selama operasi berlangsung di lapangan X tersebut meliputi:

1. Masalah kepasiran yang terjadi di lapangan X sebanyak 36 kasus, permasalahan pada lapangan X yang disebabkan masalah kepasiran paling banyak terjadi pada interval waktu dari bulan juli sampai bulan desember 2004 dengan jumlah 58%. Pada unit ESP, masalah kepasiran terjadi pada bagian impeler dan difuser yang mana pasir yang ikut terproduksi mengumpul dan mengendap pada bagian ini, sehingga menghambat putaran dari impeller dan diffuser dan tentunya menyebabkan pompa berhenti berputar dan hal ini juga merusak unit lain dari rangkaian pompa ESP itu sendiri. Rekomendasi umum yang dilakukan untuk sumur –sumur yang mengalami masalah kepasiran selain dengan cara menurunkan ukuran pompa (*size down*) yaitu diantaranya :
  - a. Dengan menggunakan gravel pack atau dengan menggunakan screen liner pada formasi yang mana akan mengurangi atau akan mengeliminasi terproduksinya pasir, dan hal ini juga akan mencegah kesalahan instalasi pompa untuk yang berikutnya sehingga juga akan mencegah terjadinya kegagalan pompa diakibatkan masalah yang sama.
  - b. Mengurangi laju alir atau dengan menaikkan unit pompa menjauhi zona pasir dalam rangka mengurangi efek merusak yang ditimbulkan oleh pasir terhadap SPS System.
  - c. Memilih rangkaian pompa yang menggunakan bahan ARZ yang cukup tahan terhadap abrasi.
  - d. Menggunakan choke dipermukaan yang bisa digunakan untuk membatasi produksi hydrocarbon sesuai dengan yang direkomendasikan oleh peralatan yang digunakan.
2. Masalah scale yang terjadi di lapangan X terjadi sebanyak 27 kasus, dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa 53% masalah scale terjadi pada interval waktu dari bulan juli sampai desember 2004. Pada unit ESP, masalah scale terjadi pada bagian impeller, difuser dan intake dari unit ESP. Scale yang

mengumpul dan mengendap pada bagian diffuser dan impeller akan menghambat putaran dari impeller dan diffuser, dan akan menyebabkan pompa berhenti, dan untuk scale yang mengendap pada bagian intake tentunya akan menghambat fluida untuk masuk kedalam pompa dan juga akan menaikkan beban dari putaran motor, tentunya hal ini akan menyebabkan pompa berhenti berputar dan hal ini dapat merusak unit lain dari rangkaian pompa ESP itu sendiri.

Metode yang dapat digunakan dalam upaya pencegahan terbentuknya scale adalah dengan menginjeksikan zat kimia pengontrol scale (*scale inhibitor*). Prinsip utama zat kimia pengontrol scale adalah dengan cara menjaga kation-kation pembentuk scale tetap berada dalam larutannya.

Jenis-jenis metode penginjeksian scale inhibitor adalah sebagai berikut :

- *Squeeze Treatment*

Merupakan metode injeksi yang dilakukan dengan kondisi tekanan injeksi dibawah tekanan rekah formasi dan diatas tekanan formasi.

- *Batch Treatment*

Merupakan metode injeksi dengan menempatkan scale inhibitor ke dalam sumur melalui tubing dalam jumlah yang hampir sama dengan jumlah air yang diproduksi per hari.

Dengan adanya aliran fluida dari reservoir yang mengalir ke lubang sumur, maka fluida akan bercampur dengan scale inhibitor yang ada. Akibatnya scale inhibitor bercampur dengan fluida produksi dan selanjutnya akan terbawa ke atas melalui peralatan-peralatan produksi.

- *Continous Treatment*

Dilakukan dengan menginjeksikan scale inhibitor ke dalam sumur melalui annulus. Dengan cara tersebut dapat menyebabkan zat kimia tersebut menyembur ke bawah (ke dasar sumur) dan dengan segera dapat menjaga kelarutan. Untuk memenuhi kebutuhan di atas diperlukan kecepatan injeksi yang didasarkan pada jumlah produksi fluida total dan

bahan kimianya harus dipompakan sedemikian rupa, sehingga konsentrasinya tidak kurang dari batas minimum yang diijinkan.

3. Masalah Electricck sebanyak 21 kasus yang terjadi pada lapangan X, Untuk jenis kasus yang terjadi dari 21 kasus tersebut 52% persen kasus terjadi karena O-Meg, 29% kasus terjadi karena high ampere, dan 19% kasus terjadi karena low amp. Permasalahan electricck di lapangan X terjadi pada pompa dan kabel dari rangkaian unit pompa ESP.

Pada lapangan X kegagalan pompa ESP yang di sebabkan masalah electricck terjadi diantaranya:

**a. Kegagalan ESP Karena *Low Ampere***

Kegagalan ESP dikatakan low-Ampere apabila pembacaan *recording chart*, sesaat sebelum terjadi kegagalan menunjukkan harga di bawah batas ampere minimum yang diijinkan. Keadaan ini diperjelas oleh kerja dari *relay underload* yaitu berupa nyala lampu indikator yang berwarna kuning yang terdapat pada *switchboard*.

Ada beberapa kemungkinan yang dapat menyebabkan motor menjadi *Low Ampere* atau motor pada beban yang terlalu rendah yaitu :

- Fluida yang dipompa sedikit (*fluid not support*).
- Adanya gas lock yang dapat terjadi bila fluid level diatas intake rendah.
- Adanya poros yang patah sehingga motor berputar sendiri tanpa ada muatan.
- Ukuran pompa terlalu besar (*over size*), sehingga mengakibatkan posisi *downthrust*.
- Motor berukuran terlalu besar sedangkan pompa yang dipakai kecil.

**b. Kegagalan ESP Karena *High Ampere***

Kegagalan ESP dikatakan *High-Ampere* yaitu apabila pembacaan *recording chart* sesaat sebelum terjadi kegagalan menunjukkan harga diatas batas ampere maksimum yang diijinkan (*pengesetan relay overloadnya*). Keadaan ini diperjelas oleh kerja dari *relay overloadnya*,

yaitu berupa nyala lampu indikator yang berwarna merah yang terdapat pada *switchboard*.

Ada beberapa kemungkinan yang menyebabkan motor menjadi High-Ampere atau motor bekerja pada beban yang terlalu tinggi :

- Pump stuck karena adanya penyumbatan material seperti pasir.
- Density fluida tinggi atau meningkat.
- Adanya pengikisan terhadap pompa.

**c. Kegagalan Pompa ESP karena *O-Meg***

keadaan yang mengakibatkan ESP mengalami kegagalan dalam dikarenakan *O Meg* yaitu apabila terdapat tahanan yang besar pada konduktor (*phase to phase*) dan tahanan yang kecil pada isolator (*phase to ground*) sehingga pada kondisi ini tidak ada arus yang menuju stator guna membangkitkan medan induksi magnet yang memutar rotor. Dan dalam permasalahan ini ada dua kemungkinan penyebab kegagalan dari pompa esp tersebut yaitu kegagalan yang terjadi pada motor atau kegagalan yang terjadi pada kabel. Dan untuk memastikan penyebab sebenarnya dilakukan pengangkatan unit ESP kepermukaan dan selanjutnya dilakukan pengujian electric terhadap masing-masing peralatan setelah peralatan tersebut dipisahkan .

Beberapa pengujian yang dilakukan dalam hal terjadinya kegagalan pompa ESP dikarenakan permasalahan electric diantaranya yaitu pengujian *phase to phase* dan *phase to ground*. Tahapan pengujian *phase to phase* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tahanan dari konduktor lilitan kawat stator, sedangkan pengujian *phase to ground* dilakukan untuk mengetahui besarnya tahanan dari isolasi lilitan kawat stator.

Pada kedua pengujian tersebut diatas ada beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah terjadi *O Meg* atau tidak diantaranya yaitu :

- 1) Pada pengukuran *phase to phase* bila pembacaan pada *megger* menunjukkan harga tidak terhingga, maka dipastikan lilitan kawat stator terputus dan ada hubungan antara lilitan kawat stator dengan inti statornya.
  - 2) sedangkan pada pengukuran *phase to ground* bila harga pembacaan *megger* menunjukkan  $< 200$  meg-ohm (*megger* yang berskala hingga 200), maka dipastikan ada kebocoran pada isolasi pada lilitan kawat statornya.
  - 3) jika pada saat dilakukan pengukuran harga pembacaan pada *megger* menunjukkan nilai  $0$  meg-ohm maka ini menunjukkan bahwa isolasi lilitan kawat stator telah terbakar.
4. Masalah Mishandling di lapangan X terjadi sebanyak 6 kasus, Permasalahan mishandling pada lapangan X ini paling banyak terjadi pada interval waktu dari Januari 2003 sampai Desember 2005 sebanyak 67%. *Mishandling* ini dapat terjadi dikarenakan desain pompa yang terlalu besar sehingga tidak sesuai dengan fluida yang akan diproduksi. masalah mishandling yang kebanyakan terjadi pada bagian kabel.

Dan kerusakan pada bagian ini dapat diatasi dengan menggunakan peralatan yang direkomendasikan seperti penggunaan kabel *Reda Redalend* – yang dapat menahan arus sampai dengan 3 KV; ada yang berbentuk pipih dan bulat.

Untuk beberapa jenis permasalahan yang terjadi pada unit ESP dapat diatasi dengan mendesain ulang ukuran pompa yang mengalami kegagalan, karena ikut terproduksinya pasir dan scale sehingga terjadi pengendapan pada bagian dalam dari unit sehingga menyebabkan pompa berhenti beroperasi salahsatunya disebabkan ukuran pompa yang digunakan terlalu besar. Sehingga diperlukan perhitungan *size down* pompa yang tepat serta didukung data yang akurat, agar permasalahan yang sama tidak terjadi lagi di kemudian hari.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil evaluasi terjadinya penyebab kegagalan pompa ESP pada lapangan X maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data yang diperoleh, dimana kita mengetahui permasalahan yang terjadi pada lapangan X ini disebabkan kepasiran. Adapun kasus dengan 41% dari 90 sumur yang dilakukan DIFA mengalami kepasiran, diikuti dengan scale 31%, *electrick* 24%, dan *Mishandling* 7%.
2. Untuk menanggulagi sumur yang mengalami masalah kepasiran dan scale salah satu caranya dengan melakukan desain ulang pompa, yaitu merize ulang ukuran pompa. Seperti pada penelitian ini ukuran pompa awal adalah dengan jenis pompa GN200/129stg/120HP terlalu besar sehingga pasir dan scale dapat ikut terproduksi, setelah di lakukan perhitungan di dapatkan rekomendasi pompa dengan ukuran yang sesuai dengan jenis pompa DN1300/218stg/80HP. Untuk menghindari kerusakan yang sama pada unit pompa, dengan kerusakan yang disebabkan ukuran pompa yang terlalu besar maka diperlukan perhitungan yang tepat, penggunaan data produksi yang akurat, serta pemilihan peralatan yang tepat akan menentukan umur prosuksi dari sumur-sumur yang mengalami kegagalan.

### **5.2 Saran**

Dari penelitian ini membuktikan bahwa data DIFA dapat digunakan untuk mengevaluasi kegagalan pada pompa ESP, Dikarenakan proses *dismantle inspection failure analysis* (DIFA) itu sendiri selalu menjadi hal terakhir yang dilakukan karena proses operasinya yang mahal dan pada umumnya hanya dilakukan pada perusahaan besar. Maka untuk penelitian selanjutnya di harapkan dapat melakukan penelitian dengan menggunakan metode lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- 2018, M. F.-. (2002). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 2018, *M Fajri* -, 1–64.
- Al-Sadah, H. (2014). ESP data analysis to enhance electrical submersible pump run life at Saudi Arabian fields. *Society of Petroleum Engineers - SPE Middle East Artificial Lift Conference and Exhibition*. <https://doi.org/10.2118/173703-ms>
- Fitrianti. (2012). Influence Mud Drilling With Emulsion Oil To Formation Damage Of Clay Limestone ( Testing Laboratory Analysis ). *Jurnal of Eart, Energy, Engineering*, 67–79.
- IPS Marsalina -. (2021). *EVALUASI PENYEBAB KEGAGALAN SUCKER ROD PUMP ( SRP ) DAN PENYELESAIANNYA DI LAPANGAN XYX MENGGUNAKAN DATA DISMANTLE INSPECTION FAILURE ANALYSIS ( DIFA ) TUGAS AKHIR INDAH PRIMA SARI M PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN*.
- Jaya, P., Rahman, A., & Herlina, W. (2014). Evaluasi Pompa Electric Submersible Pump (Esp) Untuk Optimasi Produksi Pada Sumur P-028 Dan P-029 Di Pt. Pertamina Ep Asset 2 Pendopo Field. *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(4), 101894.
- Jayanti, P. D., Sudibyoy, R., & Sulustiyanto, D. (2015). *EVALUASI DAN OPTIMASI POMPA ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP ( ESP ) PADA SUMUR-SUMUR DI LAPANGAN X*. 376–386.
- K GURUSINGA - 2021. (2021). *PERENCANAAN PENANGGULANGAN MASALAH KEPASIRAN FORMATION COMPLETION DENGAN METODE SAND SCREEN PADA SUMUR KAR-11 LAPANGAN “SA” PT PERTAMINA EP TARAKAN*. 6.
- Laksono, J. (2013). *Analisis Kegagalan Pompa Angguk Di Heavy Oil Operating Unit PT. CVX dengan Fault Tree Analysis*. 1–7.
- Lapi, S. G., Johnson, M. E., & Arisman, B. (2014). Artificial lift performance

- enhancements by applying root cause failure analysis. *Society of Petroleum Engineers - International Petroleum Technology Conference 2014, IPTC 2014: Unlocking Energy Through Innovation, Technology and Capability, 1*, 287–298. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.395.iptc-17230-ms>
- Maulana, R. (2015). Evaluasi , Optimasi , Dan Keekonomian Electric Submersible Pump ( Esp ) Untuk Sumur Ra Dan Dr Di Lapangan Z Pertamina. *Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumian Dan Energi, Universitas Trisakti Email*, 468–471.
- Musnal, A. (2013). Mengatasi Kerusakan Formasi Dengan Metoda Pengasaman Yang Kompetibel Pada Sumur Minyak Dilapangan X. *Journal of Earth Energy Engineering*, 2(2), 1–7. <https://doi.org/10.22549/jeee.v2i2.933>
- Musnal, A. (2015). Optimasi Perhitungan Laju Alir minyak Dengan Meningkatkan Kinerja Pompa Hydraulic Pada Sumur Minyak Di Lapangan PT. KSO Pertamina Sarolangon Jambi. *Journal of Earth Energy Engineering*, 4(2), 70–77. <https://doi.org/10.22549/jeee.v4i2.639>
- Musnal, A., & Melisa, R. (2016). Perhitungan Analisis Sistem Nodal Untuk Menentukan Laju Alir Minyak Dengan Meningkatkan Range Efisiensi Electric Submersible Pump Pada Sumur di Lapangan Minyak PT. BOB. BSP - Pertamina Hulu. *Journal of Earth Energy Engineering*, 5(1), 42–51. <https://doi.org/10.22549/jeee.v5i1.460>
- Olivia, Diana, (2019). (2019). *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP DESIGN & OPERATION*.
- Pradana, A. A., Nuraeni, S., & Sulistyanto, D. (2015). Optimasi Lifting Menggunakan Electric Submersible Pump Dan Analisa Keekonomian Pada Sumur “X” Lapangan “Y.” *Seminar Nasional Cendekiawan 2015* , 65–78. <https://media.neliti.com/media/publications/171023-ID-optimasi-lifting-menggunakan-electric-su.pdf>
- Pranondo, D., & Agusandi, S. (2017). Evaluasi Permasalahan Scale Sumur Sa-33, Sa-101, Sa-104 dan Sa-108 Di PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 8(1), 11. <https://jurnal.pap.ac.id/index.php/JTPA/article/view/5>

- PT CHEVRON PACIFIC INDONESIA. (n.d.). *Buku Panduan II "Mencerdaskan Anak Bangsa"*.
- Sari, D. A., Soepryanto, A., & Burhanuddin, S. (2016). Re-Design Electric Submersible Pump Pada PT Chevron Pacific Indonesia – Minas Pekanbaru. *Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 1(1), 25–33.
- Sherif, S., Adenike, O., Obehi, E., Funso, A., & Eyituoyo, B. (2019). Predictive data analytics for effective electric submersible pump management. *Society of Petroleum Engineers - SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition 2019, NAIC 2019, MI*. <https://doi.org/10.2118/198759-MS>
- Sucipto, H., Wiwaha, S. S., & Ridzki, I. (2018). Instalasi Esp (Electric Submersible Pump) Sistem Tandem Pada Sumur Minyak Dengan Variable Speed Drive. *Jurnal Eltek*, 16(1), 51. <https://doi.org/10.33795/eltek.v16i1.86>
- Sudjito, E. M., Jumardi, A., & Firdaus. (2021). Optimasi produksi sumur “ZL” dengan menggunakan artificial lift electrical submersible pump pada lapangan “YY.” *Jurnal PETROGAS*, 3(1), 44–56.
- Sugiharto, A. (2005). Optimasi Produksi Lapangan Minyak Menggunakan Metode Artificial Lift Dengan Esp Pada Lapangan Terintegrasi. *Forum Teknologi*, 02(1), 14.
- Wicaksono, R. (2016). *Analisi kerusakan Formasi Dan Stimulasi Pada Reresevoir Rekah Alam Lapangan-X. 12206060*, 1–17.
- Xiao, J. J., Shepler, R., Windiarto, Y., Parkinson, S., Fox, R., & Matlack, B. (2018). Development and field test of an electric-submersible-pump reliable-power-delivery system. *SPE Production and Operations*, 33(3), 449–458. <https://doi.org/10.2118/182760-pa>
- Zobitana, D. (n.d.). *DESAIN POMPA ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP DI PT PERTAMINA EP ASSET 5 BUNYU*.