

**EVALUASI KINERJA POMPA *INSERT PUMP* PADA SUMUR-SUMUR  
*DIRECTIONAL* DILAPAGAN X, BOB PT. BSP-PERTAMINA HULU**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh  
**WAHYU FAHMI REDHO**  
**143210043**



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

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh

Nama : Wahyu Fahmi Redho  
NPM : 143210043  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Pompa *Insert Pump* Pada Sumur-Sumur *Directional* Dilapangan X, BOB PT. BSP-PERTAMINA HULU

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Fitrianti, S.T., M.T. (.....)  
Penguji : Dr. Eng, Adi Novriansyah, M.T. (.....)  
Penguji : Richa Melysa, S.T., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 20 Desember 2021

Disahkan Oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**



**NOVIA RITA, S.T., M.T.**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

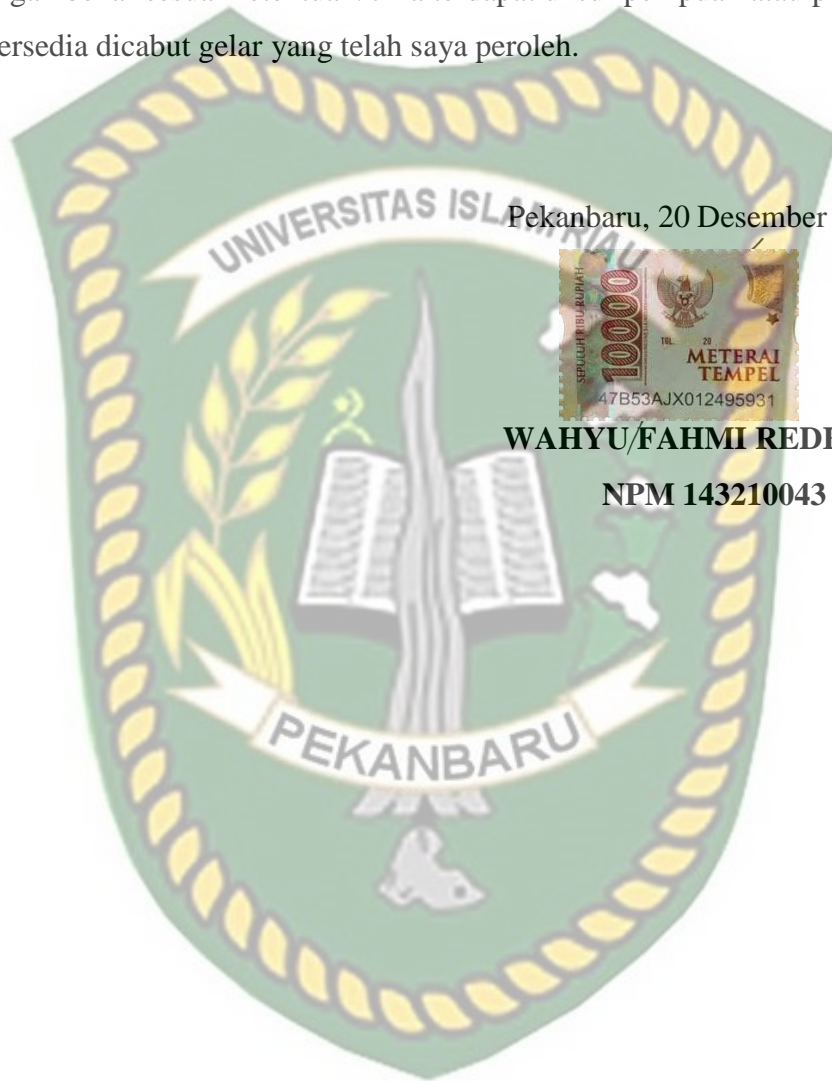
Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalam baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya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

Pekanbaru, 20 Desember 2021



**WAHYU/FAHMI REDEHO**

**NPM 143210043**



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang tak terhingga atas Rahmat dan Nikmat yang telah diberikan Allah Subhannahu wa Ta'ala sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini ditengah pandemic covid-19. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini sehingga saya memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Fitrianti, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Novia Rita, S.T., M.T selaku Ketua Prodi dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lainnya.
3. Kedua orang tua, Bapak Kamaruddin dan Ibu Rusmina, beserta saudara-saudara saya yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan baik berupa moril maupun materil hingga saat ini.
4. Seluruh orang-orang yang saya sayangi, teman-teman *Petroleum14A* dan Angkatan 2014 Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.
5. Pihak BOB PT. BSP – Pertamina Hulu khususnya pembimbing lapangan saya bapak Norahmansyah yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan membimbing tugas akhir saya.
6. Bapak dan Ibu Dosen, Staf pengajar yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Teriring doa saya, semoga Allah memberi balasan atas kebaikan semua pihak yang membantu. Semoga tugas akhir membawa manfaat bagi ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 20 Desember 2021

Wahyu Fahmi Redho



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	2
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
DAFTAR SINGKATAN.....	vii
DAFTAR SIMBOL.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
<b>BAB II</b>	
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Hydraulic Pumping Unit (HPU)</i> .....	3
2.2 <i>Insert Pump</i> .....	4
2.3 Komponen Utama Dari <i>Insert Pump</i> .....	5
2.4 Dasar Operasi <i>Insert Pump</i> .....	6
2.5 Permasalahan Pada <i>Insert Pump</i> .....	7
2.6 Efisiensi <i>Insert Pump</i> .....	9
2.7 Optimasi <i>Insert Pump</i> .....	13

### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN 16**

3.1 Waktu Dan Tempat .....	16
3.2 Jenis Penelitian.....	16
3.2.1 Sejarah Lapangan .....	16
3.2.2 Keadaan Geologi .....	18
3.3 Diagram Alir .....	21
3.4 Tempat Penelitian.....	22
3.5 Jadwal Penelitian.....	22

### **BAB IV**

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 23**

4.1 Data Sumur WS #03 Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	23
4.2 Data Sumur WS #164 Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	24
4.3 Data Sumur WS #173 Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	24

### **BAB V**

#### **KESIMPULAN DAN SARAN ..... 25**

5.1 Kesimpulan .....	25
5.2 Saran.....	26

#### **DAFTAR PUSTAKA ..... 27**

#### **LAMPIRAN I ..... 28**

#### **LAMPIRAN II..... 36**

#### **LAMPIRAN III ..... 42**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Komponen HPU daiatas Permukaan .....	3
<b>Gambar 2.2</b> 5 Komponen Utama <i>Insert Pump</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Pompa Saat <i>Upstrok</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Pompa Saat <i>Downstrok</i> .....	7
<b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi <i>Reservoir</i> Lapangan WFR.....	17
<b>Gambar 3.2</b> Peta Sumur Produksi Lapangan WFR.....	17
<b>Gambar 3.3</b> Tatanan Geologi Regional Cekungan Sumatra Tengah.....	18
<b>Gambar 3.4</b> Tatanan Stratigrafi Regional Cekungan Sumatra Tengah .....	19
<b>Gambar 3.5</b> Struktur <i>Reservoir</i> Lapangan WFR .....	20
<b>Gambar 3.6</b> Diagram Alir.....	21



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Data <i>Plugger</i> Pompa .....	10
<b>Tabel 2.2</b> Data <i>Sucker Rod</i> .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Data <i>Tubing</i> .....	12
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Penelitian.....	22
<b>Tabel 4.1</b> Sumur WS #03 .....	23
<b>Tabel 4.5</b> Sumur WS #164 .....	24
<b>Tabel 4.6</b> Sumur WS #173.....	24



## DAFTAR LAMPIRAN

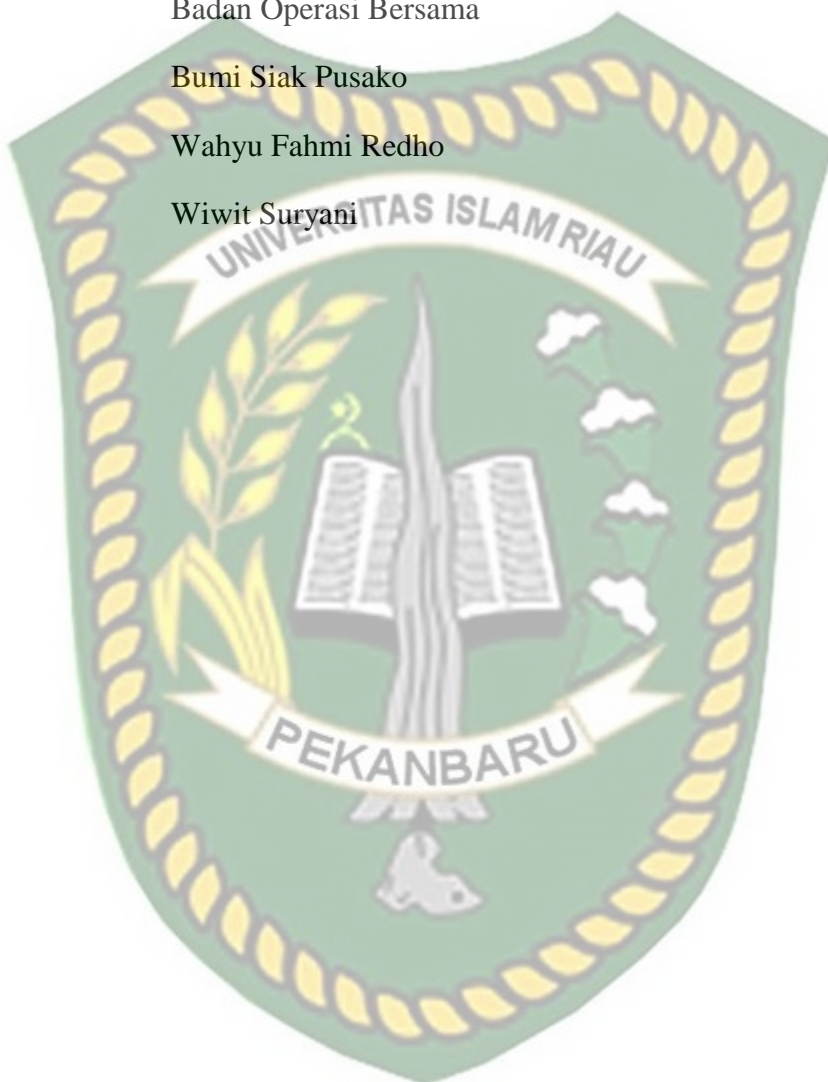
<b>LAMPIRAN I</b>	Perhitungan Efisiensi Pompa
<b>LAMPIRAN II</b>	Perhitungan Optimasi Pompa
<b>LAMPIRAN III</b>	Data Produksi



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR SINGKATAN

BOB	Badan Operasi Bersama
BSP	Bumi Siak Pusako
WFR	Wahyu Fahmi Redho
WS	Wiwit Suryani



## DAFTAR SIMBOL

$a$	Konstanta optimasi
$b$	Konstanta optimasi
$c$	konstanta optimasi
$D$	Kedalaman sumur, ft
$d_{plunger}$	Diameter <i>plunger</i> , in
$d_{rod}$	Diameter <i>rod</i> , in
$d_{tubing}$	Diameter <i>tubing</i> , in
$d_{casing}$	Diameter <i>casing</i> , in
$E_v$	Efisiensi pompa <i>insert</i> , %
$H_h$	<i>Hydraulic horse power</i> , Hp
$H_f$	<i>Friction horse power</i> , Hp
$K$	Konstanta <i>plunger</i> , bfpd/spm
$L$	Kedalaman pompa, ft
$N$	Kecepatan Pompa
$SL$	Panjang Langkah
$Q_{max}$	Laju alir maksimum, bfpd
$Q_{test}$	Laju alir uji, bfpd
$Q_o$	Laju alir minyak, bopd
$Q_f$	Laju alir fluida, bfpd

# EVALUASI KINERJA POMPA *INSERT PUMP* PADA SUMUR-SUMUR *DIRECTIONAL* DILAPAGAN X, BOB PT. BSP-PERTAMINA HULU

WAHYU FAHMI REDHO  
NPM 143210043

## ABSTRAK

Seiring dengan berjalannya waktu produksi suatu sumur minyak, tekanan *reservoir* pada sumur tersebut akan berkurang. Berkurangnya tekanan *reservoir* menyebabkan penurunan laju produksi. Untuk mengatasi kondisi tersebut dilakukanlah kegiatan pengangkatan buatan atau *artificial lift*. WFR oil well merupakan salah satu lapangan produksi yang dikelola oleh Badan Operasi Bersama (BOB) PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu. Dari data pompa dan produksi sumur sebelum dilakukan optimasi diperoleh data efisiensi sumur sebesar, sumur WS #03  $E_v = 49\%$ , WS #164  $E_v = 67\%$ , dan WS #173  $E_v = 45\%$ . Efisiensi pompa yang rendah menunjukkan kinerja pompa yang tidak efektif. Guna mengatasi permasalahan ini maka peneliti melakukan optimasi pada *insert pump* dengan mengubah kecepatan pompa, tujuannya untuk meningkatkan efisiensi pompa yang maksimal. Peningkatan efisiensi pompa pada sumur tersebut terjadi setelah kecepatan pompa dikurangi, pengurangan kecepatan pompa ini berimbas kepada naiknya produksi minyak pada sumur WS #03 sebelumnya 38 bfpd menjadi 41,75 bfpd, sumur WS #164 sebelumnya 84 bfpd menjadi 93,40 bfpd, dan sumur WS #173 sebelumnya 35 bfpd menjadi 41,76 bfpd. Dengan menaikkan efisiensi sumur sebesar, sumur WS #03  $E_v = 65\%$ , sumur WS #164  $E_v = 88\%$ , dan sumur WS #173  $E_v = 65\%$ .

Kata Kunci : *artificial lift*, *insert pump*, efisiensi

# ***EVALUATION OF INSERT PUMP PERFORMANCE AT DIRECTIONAL WELLS IN X FIELD, BOB PT. BSP-PERTAMINA HULU***

**WAHYU FAHMI REDHO**  
**NPM 143210043**

## ***ABSTRACT***

Over time the production of an oil well, the reservoir pressure in the well will decrease. Reducing reservoir pressure causes a decrease in the production rate. To overcome this condition, an artificial lift is carried out. WFR oil well is one of the production fields managed by the Joint Operations Agency (BOB) PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu. From the pump and well production data before optimization, the well efficiency data was obtained, well WS #03  $E_v = 49\%$ , WS #164  $E_v = 67\%$ , and WS #173  $E_v = 45\%$ . Low pump efficiency indicates ineffective pump performance. In order to overcome this problem, the researcher optimizes the pump insert by changing the pump speed, the aim is to increase the maximum pump efficiency. The increase in pump efficiency in the well occurred after the pump speed was reduced, this reduction in pump speed resulted in an increase in oil production in WS #03 well previously 38 bfpd to 41.75 bfpd, well WS #164 previously 84 bfpd to 93.40 bfpd, and well WS #173 went from 35 bfpd to 41.76 bfpd. With an increase in well efficiency, well WS #03  $E_v = 65\%$ , well WS #164  $E_v = 88\%$ , and well WS #173  $E_v = 65\%$ .

*Keywords : artificial lift, insert pump, efisiensi*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Produksi minyak bumi pertama sekali dilakukan menggunakan *natural flow* atau sembur alam. Hal ini dikarenakan pada awal produksi tekanan dari dasar *reservoir* masih sangat kuat. Tetapi, seiring berjalannya waktu tekanan *reservoir* suatu sumur akan berkurang, hal ini akan mengurangi jumlah produksi. Untuk mengangkat fluida yang ada di *reservoir*, maka dibantu menggunakan pengangkat buatan (*artificial lift*) (Hartono, 2015).

Lapangan WFR terletak pada 130 km sebelah Timur laut Kota Pekanbaru. Lapangan ini mulai dioperasikan sejak bulan November 1976 dengan kapasitas produksi 2300 STB.. Sumur-sumur yang terdapat pada lapangan ini menggunakan *artificial lift Hydraulic Pumping Unit (HPU)* jenis *insert pump*. Pada lapangan WFR ini adalah sumur-sumur *directional* yang menggunakan *insert pump* karena sumur tersebut merupakan sumur yang sedang atau dangkal dan mempunyai laju alir yang rendah dengan ciri-ciri *reservoir*, permeabilitas rendah dan tekana rendah namun memiliki *oil cut* yang masih tinggi. Serta penggunaan biayanya yang relatif murah dan perawatan yang lebih gampang. Seiring berjalannya waktu lapangan WFR mengalami penurunan produksi karena diproduksi secara terus menerus. (PT. Bumi Siak Pusako, 2019).

Penurunan produksi dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti pompa yang terpasang saat ini belum mencapai kemampuan optimal dari pompa yang diharapkan yaitu antara 75%-85% (Ibrahim, 2003). Salah satu usaha yang digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya penurunan produksi yaitu dengan menganalisa optimasi pompa tersebut.

Prinsip dasar dalam peningkatan produksi dengan *insert pump* adalah melalui pengaturan ukuran panjang langkah (*stroke leght*) dan kecepatan pompa (N). Perubahan dua parameter tersebut perlu dilakukan jika nilai N dan SL pada pompa terpasang belum bekerja dengan baik sehingga sumur belum bisa memproduksi dengan maksimal. (Amin, 2013).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari Proposal Penelitian ini adalah:

1. Menentukan optimasi pompa sebelum dan sesudah pada rangkaian *insert pump*.
2. Menentukan efisiensi *insert pump* setelah optimasi dengan mengubah nilai N dan SL.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan yaitu adanya peningkatan produksi dan aspek keuntungan yang berpengaruh pada proses penelitian dengan mengatur ukuran panjang langkah pompa (SL) dan kecepatan pompa (N) serta bermanfaat bagi pembaca dan peneliti.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan Tugas akhir ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka peneliti memberikan batasan masalah, seperti analisa kinerja *Insert Pump* permasalahan yang dilakukan hanya berdasarkan data produksi. Melakukan optimasi produksi hanya melihat parameter N dan SL (*Stroke Length*) pada pompa *Insert Pump* yang terpasang.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Alhamdulillah kita telah diberi kesempatan oleh Allah SWT. untuk menjalani kehidupan di bumi ini dengan segala rahmat dan nikmat rezeki- Nya yang telah tersedia, yang dimana telah diciptakannya langit dan bumi sebagai mana Allah SWT telah berfirman dalam QS. Saad ayat:27 yang artinya:”Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah, yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir maka celakalah orang-orang kafir itu,karena mereka akan masuk neraka”.

Dimana pada QS AL-Mulk ayat 15 menyatakan bahwa “Dia-lah yang menjadikan bumi untuk kalian yang mudah dijelajahi,maka jelajahilah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezekinya-lah kamu (kembali setelah) dibangkitkan” dari beberapa ayat tersebut mengisyaratkan bahwasanya allah telah menciptakan langit dan bumi untuk kita manusia hidup dan pada ayat berikutnya yang dimana mengatakan bahwasanya Allah SWT telah menjadikan bumi ini mudah untuk dijelajahi agar manusia mampu untuk bekerja dan berusaha mendapatkan rezeki darinya.

#### 2.1 *Hydraulic Pumping Unit (HPU)*

*Hydraulic Pumping Unit (HPU)* merupakan salah satu jenis dari *sucker rod pump (SRP)*. *Hydraulic pump* sebagai salah satu alternatif sistem *artificial lift*. Pertimbangan pemilihan HPU sebagai *lifting equitment* adalah untuk mengoptimalkan produksi sumur-sumur yang mengalami *problem influx* kecil atau *low rate* dengan menggunakan *Hydarulic Pumping Unit (HPU)* jenis *insert pump (Barrel pump)*



**Gambar 2.1** Komponen HPU diatas permukaan (Dokumen BOB, 2017)

Menurut ( Babbit, 2012) kelebihan pompa hpu yaitu :

- a. Cepat dalam pemasangan.
- b. Dapat digunakan dalam *stroke* yang panjang.
- c. Dapat digunakan *dual completion*.
- d. Mudah dalam merubah kecepatan pompa.
- e. Mudah merubah panjang *stroke*.
- f. *Fleksibel*.

## 2.2 ***Insert Pump (Rod Pump)***

*Insert pump* atau *rod pump unit* (termasuk *barrel* pompa). Pada *type rod pump*: *working barrel*, *plunger*, *travelling valve* dan *standing valve* merupakan satu unit kesatuan yang dipasang langsung pada *rod string*, dan dijangkarkan dalam *tubing* .Kapasitas pompa yang diperoleh lebih kecil karena ukuran *plunger* kecil., Apabila terjadi kerusakan pada *barrel* atau *standing valve* maka untuk memperbaiki cukup *cabut rod string* , dan tidak perlu memcabut *tubing*.

### 2.3 Komponen Utama Dari *Insert Pump (Rod Pump)*

Ada 5 komponen utama dari *Insert Pump (Rod Pump)*, yaitu sebagai berikut:

a. *Working Barre*

merupakan tempat dimana *plunger* dapat bergerak naik turun sesuai dengan langkah pemompaan dan menampung fluida sebelum diangkat oleh *plunger* pada saat *up-stroke*.

b. *Plunger*

merupakan torak atau tangkai pompa yang terletak pada *working barrel*, apabila *plunger* ditarik keatas (*up-stroke*) maka *fluida* akan masuk kedalam *working barrel* melalui *standing valve*, sedangkan sewaktu *plunger* diturunkan (*down-stroke*) *fluida* akan keluar keatas melalui *traveling valve*. Pada *plunger* ini terdapat *ball* dan *seat* yang berfungsi sebagai katup (Rowlan, 2015).

c. *Traveling Valve*

merupakan ball and seat yang terletak pada bagian bawah dari *plunger* dan akan ikut bergerak keatas dan kebawah menurut gerakan *plunger*. Fungsinya sebagai berikut:

1. Mengalirkan atau memindahkan fluida dari *working barrel* masuk *plunger*, hal ini terjadi pada saat *plunger* bergerak kebawah.
2. Menahan fluida pada saat *plunger* bergerak keatas sehingga fluida tersebut dapat dipindahkan ke *tubing* untuk selanjutnya dialirkan ke permukaan.

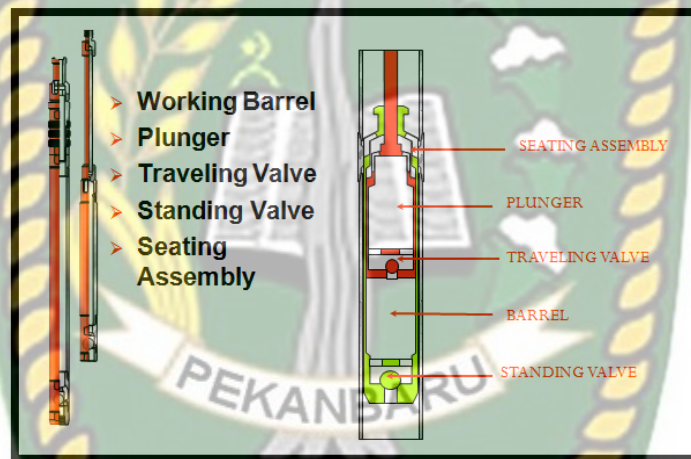
d. *Standing Valve*

merupakan katup yang terdapat dibagian bawah *working barrel* yang berfungsi memberi jalan masuk bagi fluida dari dalam sumur masuk ke *working barrel* pada saat *plunger* bergerak kebawah (pada saat *down-stroke*, *standing valve* tertutup). *Standing valve* terdiri dari sebuah bola besi dan tempat dudukan (*ball and seat*).

e. *Seating Assembly*

merupakan komponen utama dari pompa ini, adapun komponen *pump assembly* sebagai berikut:

1. *Seating nipple*, bagian paling bawah dari pompa sebagai tempat duduknya *standing valve*.
2. *standing valve assembly*, terdiri dari: *Ball valve*, *Valve seat* (*hold down*), *Body*, *Fishing neck*.
3. *Traveling valve assembly*, terdiri dari: *Ball valve*, *Plunger*, *Valverod*, *Puller*.
4. *Pump barrel*, tempat menampung fluida sebelum masuk ke dalam rangkaian pipa.



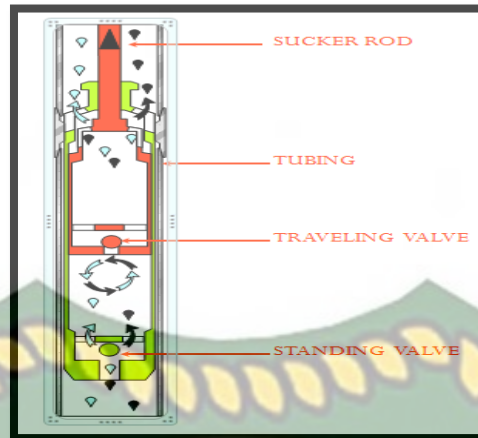
Gambar 2.2 5 komponen utama *Insert Pump*

#### 2.4 Dasar Operasi *Insert Pump (Rod Pump)*

Ada dua katup bekerja yaitu *traveling valve* dan *standing valve* secara bergantian membuka dan menutup. Katup mentransfer cairan dari ruang bawah ke ruang atas dan akhirnya ke tubing dan sampai kepala sumur.

1) *Upstroke*

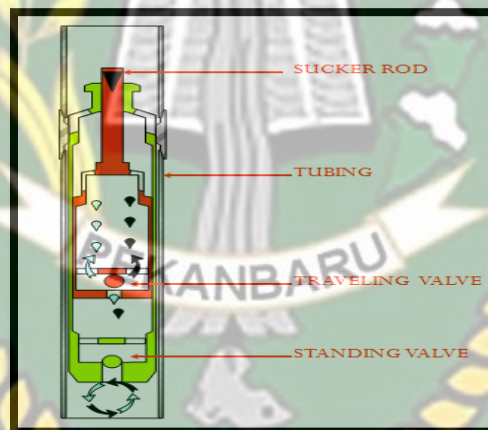
Pada saat *upstroke* *standing valve* terbuka dan *traveling valve* tertutup.



Gambar 2.3 Pompa saat *Upstroke*

2) *Downstroke*

Pada saat *downstroke* *traveling valve* terbuka dan *standing valve* tertutup



Gambar 2.4 Pompa saat *Downstroke*

## 2.5 Permasalahan Pada *Insert Pump (Rod Pump)*

1. *Travelling valve* bocor

Pada waktu *up-stroke*, *traveling valve* tidak menutup rapat dan fluida kembali turun.

2. *Standing valve* bocor

pada waktu *down-stroke*, *standing valve* tidak menutup rapat dan fluida kembali ke *wellbore*.

3. *Plunger* rusak atau aus

Sehingga fluida yang *slip* diantara *plunger* dan *pump barrel* menjadi banyak, sebagian minyak turun melalui celah-celah antara *plunger* dan tubing ketika *plunger* bergerak keatas.

4. *Working barrel* aus

Menyebabkan fluida bocor melalui celah antara *plunger* dan *barrel*.

5. Tubing bocor

Fluida akan keluar memasuki ruangan *casing*.

6. Gas yang terkurung dalam pump barrel (*gas lock*)

Pada waktu *up stroke* fluida masuk ke *pump barrel* kemudian gas keluar dari fluida, sehingga terdapat gas dalam *barrel*. Pada saat *Down Stroke* gas yang berada dibawah *plunger* terkompres dan *traveling valve* tidak terbuka, sehingga fluida tidak masuk ke *pump barrel* karena adanya gas yang terkurung dan tekanan dibawah *plunger* tidak sanggup membuka *traveling valve*. Pada waktu *upstroke* gas dalam *barrel* ekspansi, sehingga fluida dibawah *standing valve* tidak dapat membuka *standing valve*.

7. *Gas pound*

Ketika pompa bergerak keatas ( *up stroke* ) fluida akan mengisi *barrel* dan tidak menyentuh bagian bawah *plunger*, akan terdapat ruangan kosong dan akan diisi oleh gas. Ketika pompa kembali bergerak kebawah ( *down stroke* ), gas akan terkompresi, sehingga gas tersebut mampu mendorong *traveling valve* (membuka) secara perlahan, (seharusnya terbuka penuh oleh fluida atau adanya permukaan fluida yang terisi oleh *foaming* (busa ) kejadian tersebut dinamakan *gas pound*.

8. *Fluid pounding*

*Pump barrel* tidak terisi penuh sewaktu pompa *up-stroke*, sewaktu pompa kembali pada langkah *down-stroke*, ujung *plunger* membentur permukaan fluida dengan cepat dan terjadilah suara benturan yang kuat.

9. *Sucker rod* putus

*Sucker rod* putus kebanyakan gesekan antara *rod string* dengan tubing. Untuk menghindari *sucker rod* putus biasanya dipasang *sucker rollerguide* pada daerah yang sering putus, sehingga yang aus akibat gesekan dengan tubing adalah *sucker rod guide* nya.

#### 10. *Scale* dan *paraffin deposite*

*Scale* atau endapan parafin dapat menyebabkan pompa *stuck* (macet) karena terjepit *scale* atau *paraffin*.. *Pump stuck* pada umumnya disebabkan oleh :

- a) Adanya pasir/*gravel* yang terbawa dari runtuhannya formasi sehingga mengisi celah dari *plunger*.
- b) Temperature sumur yang terlalu tinggi maka terjadilah pemuaian pada *plunger* dan *barrel pump*, dimana muai *plunger* lebih besar dari muai *barrel* sehingga *plunger* tidak dapat bergerak bebas ( terjepit ). jika muai *barrel* lebih besar dari *plunger* menyebabkan terjadi kebocoran, sehingga efisiensi pompa menurun.
- c) Adanya *scale* atau *paraffin*.

#### 2.6 *Insert Pump Efisiensi*

Efisiensi volumetris pompa didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya laju produksi sebenarnya dan volume pemompaan (*pump displacement*) agar menghasilkan efisiensi volumetris lebih dari 75%. Besarnya harga efisiensi volumetris ( $E_v$ ) ini memberikan gambaran akan tingkat keberhasilan suatu instalasi pompa. Efisiensi pompa yang rendah dapat menyebabkan kerusakan pada komponen pompa sehingga mengganggu target produksi yang diharapkan. Untuk masing-masing sumur dapat menghitung efisiensi dari pompa yang digunakan untuk mengangkat fluida ke permukaan. Evaluasi efisiensi volumetris dimaksudkan untuk mengontrol produksi sumur pada suatu lapangan untuk mengetahui penyebab penurunan produksi. Penurunan tekanan dan adanya permasalahan pada sumur yang dapat menyebabkan penurunan laju produksi terhadap kapasitas pompa yang mengakibatkan rendahnya efisiensi volumetris pompa. Dengan demikian perlu dilakukan perubahan kondisi operasi pompa untuk peningkatan laju produksi.

Secara garis besar prosedur perhitungan dalam evaluasi efisiensi volumetris pompa *insert pump* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung faktor percepatan ( $\alpha$ )
2. Menghitung panjang efektif *plunger stroke* ( $S_p$ )
3. Menghitung *pump displacement* ( $V$ )
4. Menghitung efisiensi volumetris pompa ( $E_v$ )

**Langkah Perhitungan :**

1. Menentukan besarnya Luas *plunger* ( $A_p$ ), luas *rod* ( $A_r$ ), luas tubing ( $A_t$ ), konstanta *plunger* ( $K$ ) dan berat *rod* ( $W_t$ ) sebagai berikut:
  - a. Menentukan luas *plunger* ( $A_p$ ) dan konstanta *plunger* ( $K$ ) didapat dari tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.1** Data *plunger* Pompa

Diameter ( <i>inch</i> )	Luas, $A_p$ (sq.in)	Konstanta pompa, $K$ (bbl/ <i>inch</i> /spm)
1	0.785	0.117
1 1/6	0.88	0.132
1 1/4	1.227	0.182
1 1/2	1.767	0.262
1 3/4	2.405	0.357
2	3.142	0.466
2 1/4	3.976	0.590
2 1/2	4.909	0.728
2 3/4	5.940	0.881
3 3/4	11.045	1.640
4 3/4	17.721	2.630

Sumber : Brown, (1980)



Sedangkan secara matematis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Yusuf, 2010):

$$A_p = 0,25 \cdot \pi \cdot d_p^2 \dots \dots \dots (1)$$

Harga K untuk bermacam-macam ukuran diameter *plunger* dapat lihat pada tabel 2.1, atau dihitung dengan persamaan (Yusuf, 2010):

$$K = 0,1484 \cdot A_p \dots \dots \dots (2)$$

b. Menentukan berat rod (M) dan luas rod (Ar) didapat dari tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2** Data *Sucker Rod*

Ukuran ( <i>inch</i> )	Luas ( <i>inch</i> <sup>2</sup> )	Berat ( <i>lb/ft</i> )
5/8	0,307	1,16
1/4	0,447	1,63
7/8	0,601	2,16
1	0,785	2,88
1/8	0,994	2,64

Sumber : Brown, (1980)

c. Menentukan luas tubing dari tabel 2.3 sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Data Tubing

<i>Tubing Size</i>	<i>Out side Diameter (inch)</i>	<i>In side Diameter (inch)</i>	<i>Metal Area (inch<sup>2</sup>)</i>
1,9	1,9	1,61	0,8
2 3/8	2,375	1,995	1,305
2 7/8	2,875	2,441	1,812
3 1/2	3,5	2,992	2,59
4	4	3,476	3,077
4 1/2	4,5	3,958	3,601

*Sumber : Brown, (1980)*

2. Menghitung faktor percepatan ( $\alpha$ ) (Prabu, 2010)

$$\alpha = \frac{S \times N^2}{70500} \dots \dots \dots (3)$$

3. Menghitung *plunger over travel* ( $ep$ ) (Brown, 1980)

$$Ep = \frac{46,5 \times L^2 \times \alpha}{E} \dots \dots \dots (4)$$

4. Menghitung perpanjangan tubing ( $et$ ) dan *Rod String* ( $er$ ) (Brown, 1980)

$$et = \frac{5,20 \times SG_{fluid} \times DFL \times Ap \times L}{E \times At}, \text{ in } \dots \dots \dots (5)$$

$$er = \frac{5,20 \times SG_{fluid} \times DFL \times Ap \times L}{E \times Ar}, \text{ in } \dots \dots \dots (6)$$

5. Menghitung efektif *plunger stroke* ( $Sp$ ) (Prabu, 2010)

$$Sp = S + ep - (et + er), \text{ in } \dots \dots \dots (7)$$

6. Menghitung konstanta pompa (K) (Brown, 1980)

$$K = 0,1484 \times Ap \dots\dots\dots(8)$$

7. *Pump Displacement* (V) (Brown, 1980)

$$V = K \times Sp \times N, BPD \dots\dots\dots(9)$$

8. Menghitung efisiensi volumetris pompa (Ev) (Brown, 1980)

$$Ev = \frac{Qt}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

## 2.7 Optimasi *Insert Pump*

Untuk melakukan optimasi pompa HPU maka diperlukan perhitungan-perhitungan dengan langkah sebagai berikut (Jennings, 1989):

1. Menentukan *Pump Intake Pressure* (PIP)

$$PIP = Pwf - Gf \times (\text{Mid Perforasi} - L), \text{Psi} \dots\dots\dots(11)$$

2. Menentukan untuk satu harga kecepatan pompa (N) dan panjang langkah (SL) dilakukan dengan metode *trial and error* dengan persamaan *pump capacity* (Pi) / laju alir (Q) sebagai berikut (Pertamina, 2003):

$$Pi = K \times S \times N \times Ef \dots\dots\dots(12)$$

3. Menentukan Pwf setelah optimasi dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Suwardi, 2015):

$$Pwf = 0,125 (Ps) \left( \sqrt{81 - 80 \left( \frac{Q_{design}}{Q_{max}} \right)} - 1 \right) \dots\dots\dots(13)$$

Menentukan Efisiensi volumetris hasil optimasi:

Efisiensi volumetris pompa didefinisikan sebagai perbandingan antara produksi yang diperoleh sebenarnya dengan *pump displacement* teoritis. Besarnya harga efisiensi volumetris ini memberikan gambaran akan tingkat keberhasilan suatu instalasi pompa.

1. Untuk menentukan besarnya efisiensi volumetris ini perlu diketahui dahulu besarnya *pump displacement* yang secara matematis dituliskan sebagai berikut (Prabu, 2010):

$$V = 0,1484 A_p S_p N \dots\dots\dots(14)$$

2. Akibat adanya perpanjangan dari *rod* dan tubing serta adanya *plunger overtravel*, maka panjang *polished rod stroke* dipermukaan akan sama dengan panjang pergerakan *plunger* dalam pompa. Besarnya didapat dengan persamaan (Prabu, 2010):

$$S_p = S + e_p - (e_t + e_r) \dots\dots\dots(15)$$

3. Kecepatan pompa menimbulkan adanya percepatan pada pergerakan *plunger* sehingga terjadi pemanjangan dari *plunger* yang besarnya ditentukan sebagai berikut (Brown, 1980):

$$e_p = \frac{46,5 \times L^2 \times \alpha}{E} \dots\dots\dots(16)$$

4. Sedang ketika terjadi *downstroke traveling valve* akan membuka, sedangkan *satanding valve* menutup dan pemindahan beban dari *rod* ke tubing menimbulkan perpanjangan tubing, sebesar (Brown, 1980):

$$e_t = \frac{5,2 \times SG_f \times DFL \times AP \times L}{E \times At} \dots\dots\dots(17)$$

5. Pada saat *upstroke traveling valve* akan tertutup dan beban ditanggung sepenuhnya oleh *rod*, sehingga mengakibatkan perpanjangan

(*elongation*) pada *rod string* yang besarnya dapat dari persamaan berikut (Brown, 1980):

$$e_r = \frac{5,2 \times A_p \times SG_f \times DFL \times L}{E \times A_r} \dots\dots\dots(18)$$

6. Setelah didapatkan *displacement pump* maka dapat dicari efisiensi pompa HPU adalah (Brown, 1980):

$$E_v = \frac{q}{V} 100\% \dots\dots\dots(19)$$



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan hal penting bagi peneliti profesional, pengambilan keputusan, konsultan penelitian dan juga mahasiswa. Penelitian adalah suatu proses penyelidikan terhadap suatu masalah tertentu yang dilakukan secara sistematis dan terorganisasi untuk mendapatkan informasi atau data yang digunakan sebagai pemecah yang tepat terhadap masalah yang dihadapi. Adapun metode yang dilakukan yaitu metode studi lapangan atau *case study*, karena penelitian yang dilakukan berbuahungan terhadap data produksi di lapangan atau perusahaan minyak.

### 3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Data yang diperoleh oleh penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini diperoleh dari penelitian Tugas Akhir yang dilakukan di Perusahaan BOB PT. BSP-PERTAMINA HULU, dan waktunya pada desember 2018.

### 3.2 Jenis Penelitian

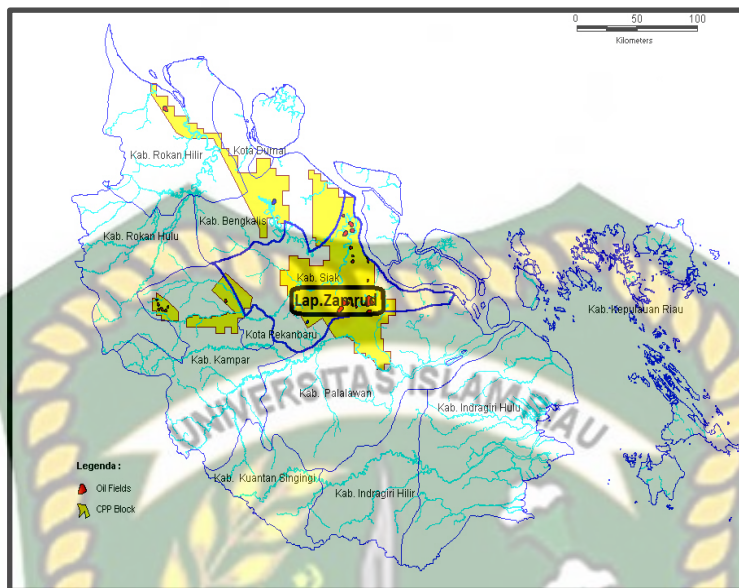
Jenis penelitian yang dilakakukan adalah penelitian studi lapangan. Adapun data yang diketahui yaitu data produksi, skematik sumur dan sejarah lapangan.

#### 3.2.1 Sejarah Lapangan

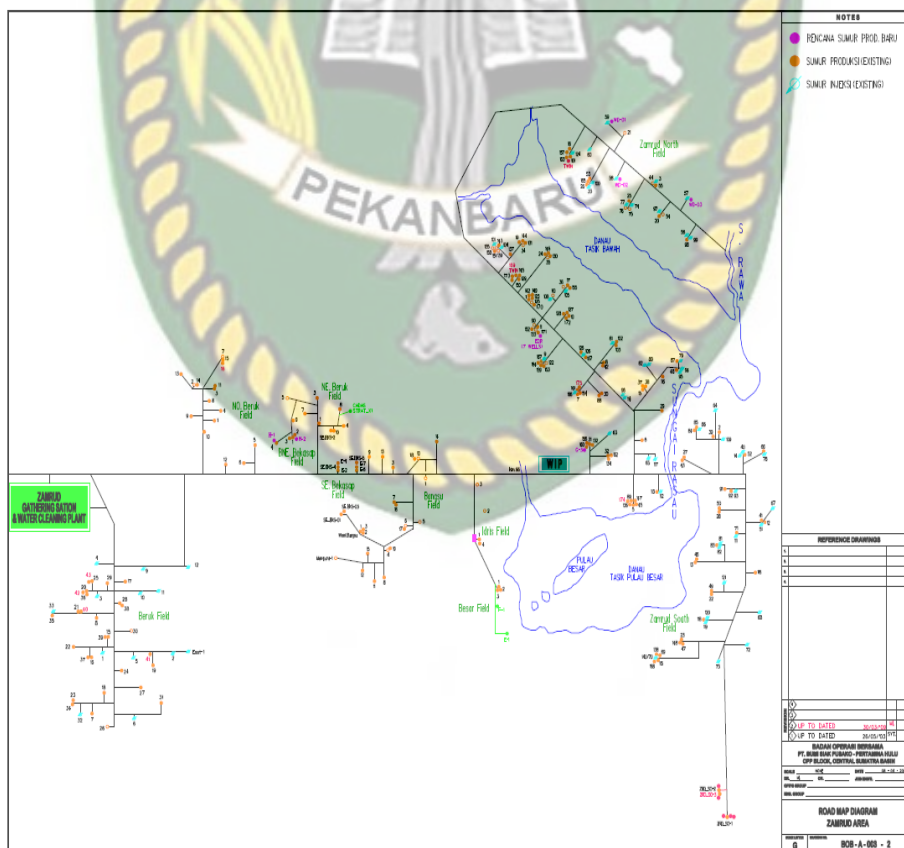
Lapangan WFR merupakan salah satu lapangan yang dikelola oleh Badan Operasi Bersama (BOB) PT.BSP (Bumi Siak Pusako) dan Pertamina Hulu. Lapangan ini termasuk dalam Blok Coastal Plan Pekanbaru (Blok CPP) yang pada awalnya dikelola oleh PT.CALTEX Pasifik Indonesia (CPI).Proses alih kelola Blok CPP ini mulai dilakukan oleh BOB PT.BSP Pertamina Hulu sejak tanggal 9 agustus 2002 sampai sekarang. (PT. Bumi Siak Pusako, 2019).

Lapangan WFR terletak pada 130 km sebelah Timur laut Kota Pekanbaru. Lapangan ini mulai dioperasikan sejak bulan November 1976 dengan kapasitas produksi 2300 STB. Lapangan WFR merupakan reservoir batu pasir (*sandstone*) pada Formasi Bekasap, Cekungan Sumatra Tengah. Peta lokasi reservoir dan peta lokasi sumur Lapangan WFR dapat dilihat pada Gambar 3.2. dan Gambar 3.3. (PT.

Bumi Siak Pusako, 2019)



Gambar 3.1 Peta Lokasi Reservoir Lapangan WFR (BOB, 2019)



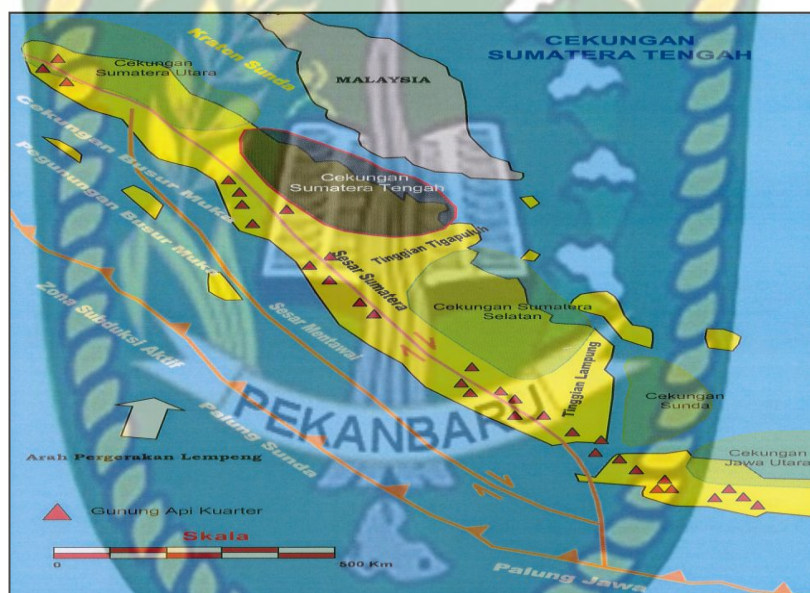
Gambar 3.2 Peta Sumur Produksi Lapangan WFR (BOB, 2019)

Dokumen ini adalah Arsip Miilik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

### 3.2.2 Keadaan Geologi

#### 1. Struktur Geologi

Secara umum tatanan geologi regional, Lapangan WFR terletak pada Cekungan Sumatera Tengah. Cekungan Sumatera Tengah terbentuk pada daerah bagian sisi Barat dari sayap Lempeng Sunda dibatasi oleh Tinggian Asahan di bagian Utara, bagian Barat dibatasi oleh Pegunungan Barisan yang berumur *Miosen* Akhir hingga sekarang berupa *geoantic lineup lift* dan *volcanic arc*, bagian Selatan dibatasi oleh Tinggian Tiga puluh-Kampar, dan bagian Timur dibatasi oleh Paparan Sunda. Gambar 3.4 memperlihatkan tatanan geologi regional Cekungan Sumatera Tengah. (PT. Bumi Siak Pusako, 2019).



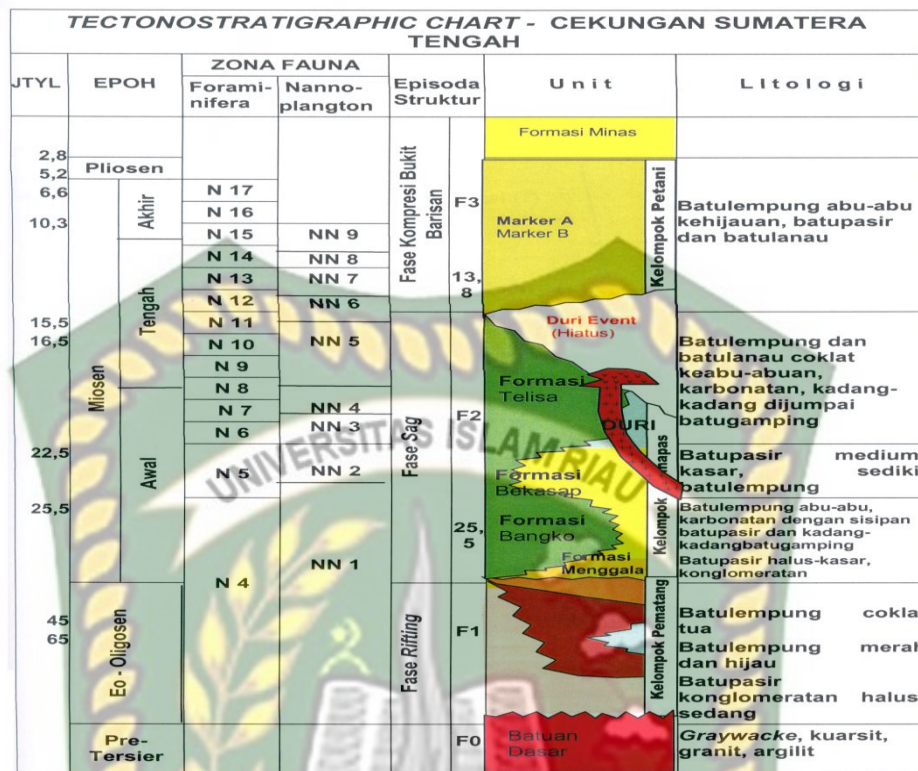
Gambar: 3.3 Tatanan Geologi Regional Cekungan Sumatera Tengah  
(BOB, 2019)

#### 2. Stratigrafi Regional

Stratigrafi Cekungan Sumatera Tengah dipengaruhi oleh sejarah tektonik, yang merupakan pengontrol utama pengendapan cekungan dibandingkan faktor lainnya. Batuan dasar di Cekungan Sumatera Tengah terdiri dari empat satuan Litologi berumur *Paleozoik* sampai *Mesozoik*, terdiri dari Kelompok *Mutus* yang terdiri dari *ofiolit*, metasedimen dan sedimen berumur *Trias*, Kelompok *Malaka* terdiri dari *kuarsit*, *filit* dan intrusi *granodiorit*, Kelompok *Mergui* dari *graywacke* berumur *Kapur*, *kuarsit* dan batu lempung kerikilan dan Kelompok *Tapanuli* terdiri dari *batu sabak*, metasedimen dan *filit* yang diendapkan di atas batu



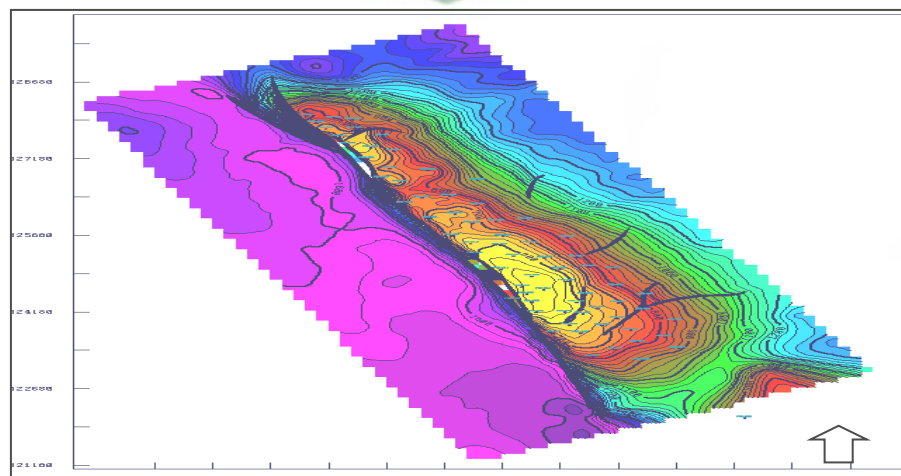
gamping *shelf* berumur *Devon-Karbon*. Gambar 3.4 memperlihatkan tatanan stratigrafi regional Cekungan Sumatera Tengah. (PT. Bumi Siak Pusako, 2019).



Gambar 3.4 Tatanan Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Tengah (B0B, 2019)

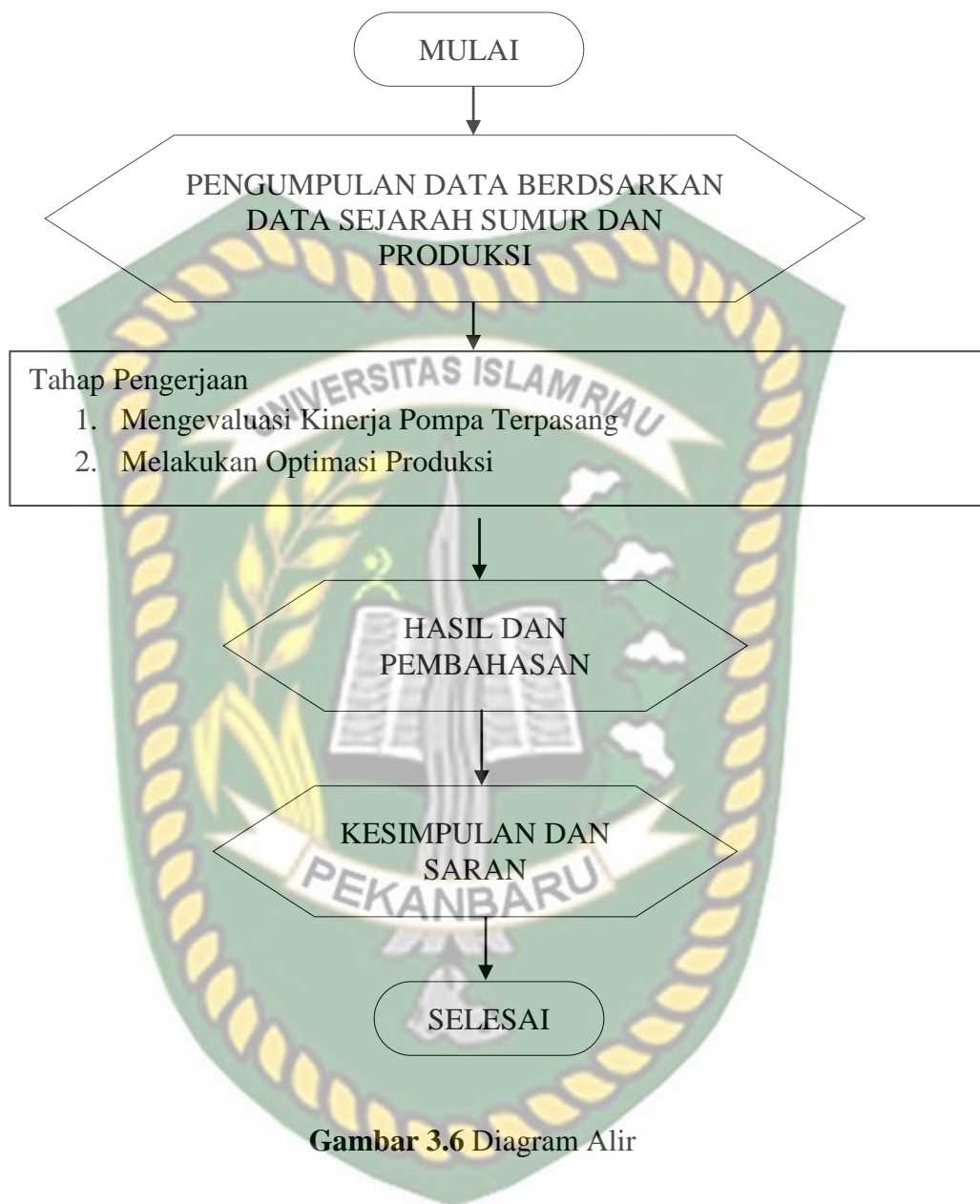
### 3. Struktur Reservoir

Secara struktural Reservoir Lapangan WFR merupakan *against fault structure* yang dibatasi oleh sesar berarah Barat laut–Tenggara di bagian Barat. Dasar interpretasi struktur sebagian besar diperoleh dari cerminan seismik dan dikenali sebagai Formasi Bekesap. Interpretasi seismik memperlihatkan bahwa Lapangan WFR memiliki sepuluh *fault*, dengan satu *major fault* dan sisanya adalah *minor fault*. Gambar 3.6 memperlihatkan struktur reservoir Lapangan WFR.



Gambar 3.5 Struktur Reservoir Lapangan WFR (B0B, 2019)

### 3.3 Diagram Alir



Gambar 3.6 Diagram Alir

### 3.4 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di perusahaan BOB - PT.BSP (Bumi Siak Pusako) dan Pertamina Hulu, yang terletak di kabupaten Siak Sri Indrapura

### 3.5 Jadwal Penelitian

Penelitian dilakukan selama 2 minggu dimulai dari 5 Desember s/d 20 Desember 2018.

**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan) Tahun 2021										
	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
Studi Literatur											
Seminar Proposal											
Pengolahan Data											
Penyusunan Tugas Akhir											
Sidang Tugas Akhir											

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi pompa dilakukan untuk menentukan setingan pompa yang paling sesuai dengan kondisi sumur. Hasil perhitungan efisiensi pompa menunjukkan bahwa dengan menambah kecepatan pompa (N) dan panjang langkah (SL) dapat menghasilkan laju produksi yang maksimal. Tidak sesuai kecepatan putaran pompa dan rendahnya efisiensi pompa dapat merusak pompa, oleh karena itu untuk mengatasi problem ini perlu dilakukan optimasi pada insert pump yang dipasang pada sumur WFR lapangan WS agar setingan pompa sesuai dengan karakteristik sumur itu sendiri.

Pada penelitian ini mengambil empat sumur yang berbeda untuk dilakukan optimasi dan efisiensi untuk mendapatkan hasil yang optimal

#### 4.1 Data Sumur WS #03 Sebelum Dan Sesudah Optimasi

**Tabel 4.1** Sumur WS #03

Parameter	Nilai	
	Sebelum	Sesudah
Efisiensi pompa		
N (spm)	4	3
Qr (bfpd)	38	41,75
V (bpd)	76,46	58,40
SL (in)	60	60
Ev (%)	49	65

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa adanya peningkatan efisiensi pompa dari 49 % menjadi 65 %. Peningkatan ini terjadi setelah kecepatan pompa dikurangi menjadi 3 spm dari 4 spm. Pengurangan kecepatan pompa ini berimbas kepada naiknya produksi minyak menjadi 41,75 bfpd walupun tidak signifikan peningkatannya, kinerja pompa cenderung lebih baik dengan menurunnya kapasitas pompa sebesar 58,40 bpd dari 76,46 bpd, sehingga jauh lebih sesuai dengan performa sumur.

## 4.2 Data Sumur WS #164 Sebelum Dan Sesudah Optimasi

**Tabel 4.2** Sumur WS #164

Parameter	Nilai	
	Sebelum	Sesudah
Efisiensi pompa		
N (spm)	4	3
Qr (bfpd)	84	93,45
V (bpd)	125,15	95,40
SL (in)	60	60
Ev (%)	67	88

Dari tabel 4.2 terlihat bahwa adanya peningkatan efisiensi pompa dari 67 % menjadi 88 %. Peningkatan ini terjadi setelah kecepatan pompa dikurangi menjadi 3 spm dari 4 spm. Pengurangan kecepatan pompa ini berimbas kepada naiknya produksi minyak menjadi 93,45 bfpd walaupun tidak signifikan peningkatannya, kinerja pompa cenderung lebih baik dengan menurunnya kapasitas pompa sebesar 95,40 bpd dari 125,15 bpd, sehingga jauh lebih sesuai dengan performa sumur.

## 4.3 Data Sumur WS #173 Sebelum Dan Sesudah Optimasi

**Tabel 4.3** Sumur WS #173

Parameter	Nilai	
	Sebelum	Sesudah
Efisiensi pompa		
N (spm)	4	3
Qr (bfpd)	35	41,76
V (bpd)	76,33	58,42
SL (in)	60	60
Ev (%)	45	65

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa adanya peningkatan efisiensi pompa dari 45 % menjadi 65 %. Peningkatan ini terjadi setelah kecepatan pompa dikurangi menjadi 3 spm dari 4 spm. Pengurangan kecepatan pompa ini berimbas kepada naiknya produksi minyak menjadi 41,76 bfpd walaupun tidak signifikan peningkatannya, kinerja pompa cenderung lebih baik dengan menurunnya kapasitas pompa sebesar 58,42 bpd dari 76,33 bpd, sehingga jauh lebih sesuai dengan performa sumur.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil hitungan efisiensi pompa sebelum dilakukan optimasi diperoleh data sebagai berikut, data sumur WS#03 pompa disetting pada kecepatan 4 spm dan panjang langkah 60 in, pompa mampu menghasilkan laju alir sebesar 38 bfpd dengan efisiensi sebesar 49%, kemudian data sumur WS#164 pompa disetting pada kecepatan 4 spm dan panjang langkah 60in, pompa mampu menghasilkan laju alir sebesar 84 bfpd dengan efisiensi sebesar 67%, dan data sumur WS#173 pompa disetting pada kecepatan 4 spm dan panjang langkah 60 in, pompa mampu menghasilkan laju alir sebesar 35 bfpd dengan efisiensi sebesar 45%. Kondisi ini menunjukkan bahwa setingan pompa tidak sesuai dengan karakteristik sumur sehingga perlu di optimasi.
2. Optimasi pompa dilakukan dengan cara mengubah nilai N dan SL untuk mendapatkan hasil yang optimal. Setelah dilakukan optimasi pompa mampu menghasilkan laju alir yang meningkat dan memperoleh data sebagai berikut, WS#03 pompa disetting pada kecepatan 3 spm dan panjang langkah 60 in, pompa mampu menghasilkan laju alir sebesar 41 bfpd dengan efisiensi sebesar 65%, kemudian data sumur WS#164 pompa disetting pada kecepatan 3 spm dan panjang langkah 60 in, pompa mampu menghasilkan laju alir sebesar 93 bfpd dengan efisiensi sebesar 88%, dan data sumur WS#173 pompa disetting pada kecepatan 3 spm dan panjang langkah 60 in, pompa mampu menghasilkan laju alir sebesar 41 bfpd dengan efisiensi sebesar 45%. Kondisi ini menunjukkan bahwa setingan pompa dapat meningkatkan hasil produksi yang optimal. Nilai efisiensi pompa yang diperoleh setelah dilakukan optimasi diantaranya, pada sumur WS#03 sebesar 65%, sumur WS#164 sebesar 88%, dan pada sumur WS#173 sebesar 45%. Nilai ini lebih tinggi dari nilai sebelumnya, naiknya efisiensi karena berubahnya nilai N dan SL.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan, saran yang diberikan untuk peneliti berikutnya yaitu, penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan cara melihat efisiensi pompa dan penurunan daya pompa terhadap nilai keekonomiannya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Babbit, A. (2012). *Hdraulic pump unit proving very succesful in deliquifying gas wells in east texas. Paper present at the 2012 SPE international technical conference & exhibition held in san antonio, texas USA,8-10 october .*
- Brown, K. (1980). *The Technologi of Artificial Lift Methonds, Vol 2a Tulsa, Oklahoma: Penn Well Publishing Co .*
- Field, W. (2019). *Artificial lift pedada aerea PT.Bumi Siak Pusako Indonesia (tidak dipublikasi) .*
- Hartono, H. I. (2009). *Evaluation Of The Use Of Sucker Rod Pump On Well RB-36,RB-135 Using data Sonolog and Dynamometer To Increase Production In PT Pertamina Ep Aset 1 Field Rmba. Universitas Sriwijaya .*
- Jenings, J. (2009). *Desing of Sucker Rod Pump System. Texas A&M University Pertamina. (2003). perencanaan dan trobleshooting sumur pompa angguk .*
- Prabu, A. (2014). *Pertambangan, J.T.,F Desain sucker rod pump untuk optimasi produksi sembur alam L5-X di Petamina EP asset 2 fld limau .*
- Rowlan, O. &. (2015). *Pum card reference load lines used for analisis and troubleshooting. Paper at the 2015 SPE international production and operation symposium, Oklahoma, USA,1-15 march .*
- PT. Bumi Siak Pusako. (2019). *Field History. Pekanbaru.*
- PT. Bumi Siak Pusako. (2019). *Geologist Description. Pekanbaru.*
- PT. Bumi Siak Pusako. (2019). *Power Point Date. Pekanbaru.*
- PT. Bumi Siak Pusako. (2019). *Well Description. Pekanbaru.*
- Suwardi, f. (2015). *Evaluasi Pompa HPU terpasang untuk optimasi produksi minyak PT. Pertamina asset 1 field Ramba. Journal teknik kimia. 21, 53-59 .*