

**EVALUASI PENGGUNAAN HPU *RERUN* DALAM
MENGEDEPANKAN *OPERATIONAL EXCELLENCE IN COST
REDUCTION* DI BOB PT. BSP–PERTAMINA HULU**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik



Oleh

RONALD SIDIQ

133210217

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Ronald Sidiq

NPM : 133210217

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Evaluasi Penggunaan HPU Rerun Dalam Mengedepankan *Operational Excellence In Cost Reduction* di 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 I : Ir H. Ali Musnal, MT

(.....)

Penguji I : M. Ariyon, ST., MT

(.....)

Penguji II : Richa Melysa, ST., MT

(.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 27 November 2019

Disahkan Oleh:



Ir. H. ABD. KUDUS ZAINI, MT, MS. Tr

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

Dr. ENG. MUSLIM, MT

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya 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, November 2019



Ronald Sidiq
133210217



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

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 ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Ali Musnal, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan serta perhatian dalam masalah penulisan tugas akhir ini.
2. Ibu Richa Melysa, ST., MT selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
3. Perusahaan BOB PT. BSP Pertamina Hulu yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan Bapak Rahmat Purba, ST selaku mentor dilapangan yang telah banyak membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Ketua prodi Teknik Perminyakan Dr.Eng. Muslim, MT dan sekretaris prodi Novrianti, ST., MT serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
5. Orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral.
6. Faiza Putri Al-robby yang telah mendukung, menemani dan memberi motivasi saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Teman-teman Keluarga Purigiam yang telah mendukung dan memberi motivasi saya dalam penulisan tugas akhir ini.
8. Teman-teman PETROKeCe 13C, teman-teman ANGKATAN 2013, yang telah mendukung dan memberi motivasi saya dalam penulisan tugas akhir ini.

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

Pekanbaru, November 2019

Penulis,



RONALD SIDIO



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	
HALAMAN SAMPUL DALAM.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN DAFTAR ISI.....	vi
HALAMAN DAFTAR GAMBAR.....	viii
HALAMAN DAFTAR TABEL.....	ix
HALAMAN DAFTAR LAMPIRAN.....	x
HALAMAN DAFTAR SINGKATAN.....	xi
HALAMAN DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Productivity Index</i>	5
2.2 <i>Inflow Performance Relationship (IPR)</i>	5
2.3 <i>Hydraulic Pumping Unit (HPU)</i>	8
2.3.1 <i>Peralatan Hydraulic Pumping Unit (HPU)</i>	8
2.3.1.1 <i>Peralatan Diatas Permukaan</i>	8
2.3.1.2 <i>Peralatan Dibawah Permukaan</i>	11
2.4 <i>Karakteristik Kinerja Hydraulic Pumping Unit (HPU)</i>	15
2.5 <i>Perencanaan Hydraulic Pumping Unit (HPU)</i>	15

2.5.1	Beban Percepatan	15
2.5.2	Panjang Langkah <i>Plunger</i> Efektif	17
2.5.3	Beban <i>Rod String</i>	18
2.5.4	<i>Pump Displacement</i> dan Efisiensi <i>Volumetris</i>	18
2.5.5	Optimasi Kecepatan Pompa dan Panjang Langkah.....	22
2.6	Perhitungan Optimasi Pompa <i>Hydraulic Pumping Unit</i>	23
2.7	Biaya Perbaikan HPU <i>Rerun</i> (<i>service</i> kecil dan <i>Repair</i> (Perbaikan oleh Kontraktor).....	25
BAB III TINJAUAN LAPANGAN		
3.1	Letak Geografis dan Sejarah Lapangan.....	27
3.2	Sejarah Lapangan Mubarak.....	30
3.3	Stratigrafi Cekungan Sumatra	31
3.4	Kondisi Geologi Lapangan Mubarak	32
3.5	Karakteristik Lapangan Mubarak	32
3.5.1	Lingkungan Pengendapan.....	32
3.5.2	Karakteristik Reservoir dan Fluida.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN		
4.1	Evaluasi <i>Hydraulic Pumping Unit Rerun</i> Terpasang Pada Sumur RS#212 Lapangan Mubarak.....	34
4.2	Perencanaan Ulang <i>Hydraulic Pumping Unit Rerun</i> Terpasang Sumur RS#212 di Lapangan Mubarak.....	35
4.3	Biaya Perbaikan HPU <i>Rerun</i> (<i>Service</i> Kecil) dan <i>Repair</i> (Perbaikan oleh Kontraktor).....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Flow chart</i> Penelitian.....	3
Gambar 2.1	Peralatan Diatas Permukaan <i>Hydraulic Pumping Unit</i>	11
Gambar 2.2	Peralatan Bawah Permukaan <i>Hydraulic Pumping Unit</i>	14
Gambar 3.1	<i>Operation Map</i> BOB	28
Gambar 3.2	Peta Lokasi & Struktur <i>Framework</i> Lapangan.....	29
Gambar 3.3	Lokasi Lapangan Mubarak	31
Gambar 4.1	Kurva IPR hubungan asumsi Pwf dengan Q.....	36
Gambar 4.2	Kurva IPR <i>versus</i> Pi untuk N.....	38
Gambar 4.3	Kurva IPR <i>versus</i> Pi untuk S.....	39
Gambar 4.4	Kurva N dan S terhadap Q.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Ukuran Tubing.....	11
Tabel 2.2	Data <i>Plunger</i> Pompa	12
Tabel 2.3	Data <i>Sucker Rod</i>	14
Tabel 2.4	Efisiensi Pompa HPU Pada Berbagai Kondisi Sumur	19
Tabel 2.5	<i>Service Factors</i>	22
Tabel 2.6	<i>Maintenance Cost Hydraulic Pumping Unit</i> dengan <i>Unit</i> dari Perbaikan Kontraktor	25
Tabel 3.1	Karakteristik <i>Reservoir</i> dan <i>Fluida</i> Lapangan Mubarak.....	33
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Persentase Efisiensi <i>Volumetris</i> Pompa (EV%) Sumur RS#212.....	34
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan asumsi P_{wf} dan Q	36
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan <i>Pump Intake Pressure</i> terhadap N dan Q	37
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan <i>Pump Intake Pressure</i> terhadap S dan Q	38
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Persentase Efisiensi <i>Volumetris</i> Pompa (EV%) Sumur RS#212.....	39
Tabel 4.6	Hasil Biaya Perawatan Pompa HPU berdasarkan Anggaran tahun 2017 hingga 2019.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

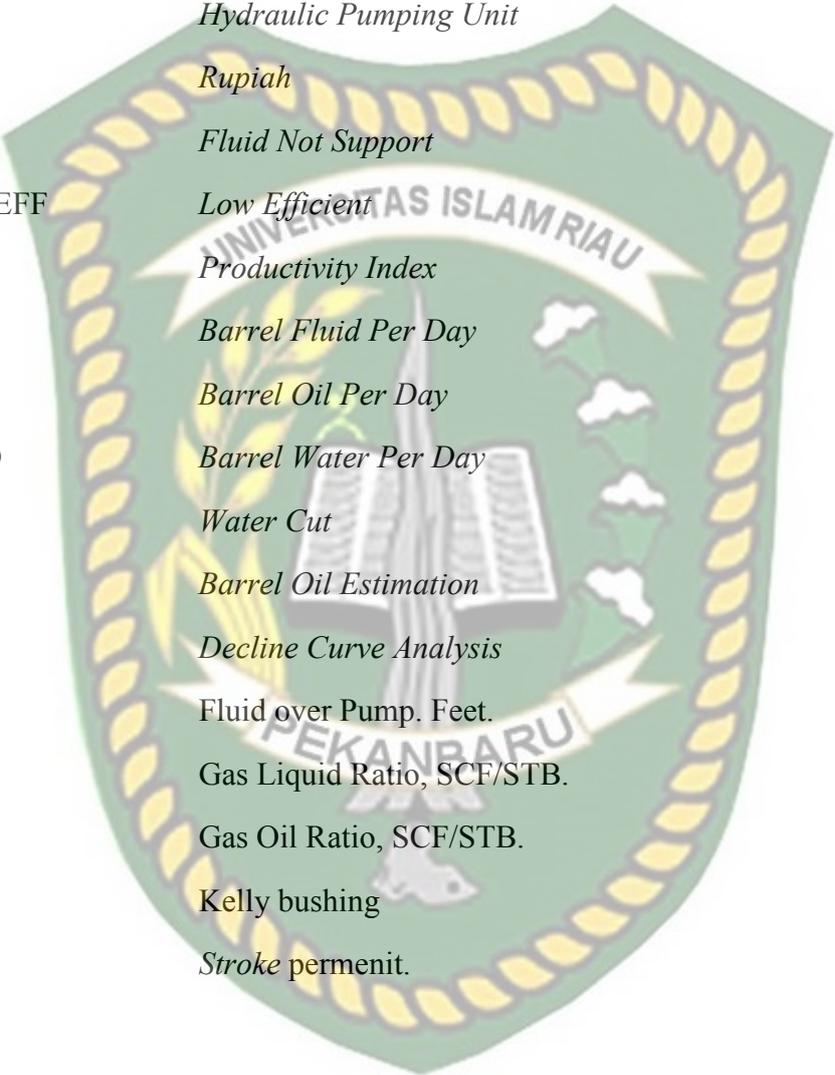
LAMPIRAN I Data dan Evaluasi Sumur RS#212 Di Lapangan Mubarak

LAMPIRAN II Perencanaan Ulang *Hydraulic Pumping Unit* sumur RS#212



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN



HPU	<i>Hydraulic Pumping Unit</i>
Rp	<i>Rupiah</i>
FNS	<i>Fluid Not Support</i>
LOW-EFF	<i>Low Efficient</i>
PI	<i>Productivity Index</i>
BFPD	<i>Barrel Fluid Per Day</i>
BOPD	<i>Barrel Oil Per Day</i>
BWPD	<i>Barrel Water Per Day</i>
WC	<i>Water Cut</i>
BOE	<i>Barrel Oil Estimation</i>
DCA	<i>Decline Curve Analysis</i>
FOP	<i>Fluid over Pump. Feet.</i>
GLR	<i>Gas Liquid Ratio, SCF/STB.</i>
GOR	<i>Gas Oil Ratio, SCF/STB.</i>
KB	<i>Kelly bushing</i>
Spm	<i>Stroke permenit.</i>

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL



N	Kecepatan Pompa, RPM
Pi	Pump Intake, Psi
Qo	Laju Produksi Minyak, bopd
Q	Laju Alir Fluida Produksi, bpd
Qt	Laju Produksi Total, bfpd
ep	Perpanjangan <i>Plunger</i> , inch
et	Perpanjangan Tubing, inch
er	Perpanjangan Rod, inch
WC	Water Cut, %
WFL	Working Fluid Level, ft
K	Konstanta menentukan <i>Plunger</i> efektif Pompa.
An	Konstanta ke-n untuk WC berbeda.
Bg	Faktor volume formasi gas, Res Bbl/SCF.
Bo	Faktor volume formasi minyak, Res Bbl/STB
Bw	Faktor volume formasi air, Res Bbl/STB
Cn	Konstanta ke-n untuk harga An
Cp	Centipoise
L	Kedalaman pompa, feet.
Dg	Densitas gas, gr/cc
d(P)	Perubahan tekanan, psi
dP/dZ	Gradien tekanan, psi/ft
S	Panjang Langkah Pompa
EV	Effisiensi volumetris, %
f	Faktor gesekan. fns = Faktor gesekan no-slip.

EVALUASI PENGGUNAAN HPU *RERUN* DALAM MENGEDEPANKAN
OPERATIONAL EXCELLENCE IN COST REDUCTION DI BOB PT. BSP -
PERTAMINA HULU

RONALD SIDIQ
133210217

ABSTRAK

Melihat kondisi dunia migas harga minyak bumi mengalami penurunan, sehingga memaksa setiap perusahaan memangkas biaya produksinya disetiap lini agar perusahaan dapat bertahan. Terutama *Artificial Lift* pada *Hydraulic Pumping Unit* dilakukan strategi pengurangan biaya perbaikan namun HPU tetap berjalan dengan baik (*Operational Excellence in Cost Reduction*) dengan memberdayakan penggunaan HPU *Rerun* sebagai pilihan pengganti. HPU *Rerun* adalah HPU *Unit* bekas digunakan dari sumur produksi, dimana saat dilakukan pencabutan dan pembongkaran pompa ditemukan bahwa unit tersebut masih dalam kondisi bagus dan rekomendasi untuk bisa digunakan kembali pada sumur berikutnya.

Sebagai unit pompa bekas dari pemakaian sumur produksi sebelumnya, dan hanya dilakukan sebatas *Rerun* (*service* kecil) serta seiring berjalannya produksi secara terus-menerus maka perlunya adanya evaluasi pompa *Rerun* terpasang di lapangan Mubarak guna melihat apakah performa pompa diatas rata-rata *performance* atau tidak. jika tidak maka akan dilakukan optomasi dengan cara *design* ulang pompa yaitu dengan megubah kecepatan (N) dan panjang langkah pompa (S) namun tidak mengganti tipe pompa dan tipe HPU, hal ini dikarenakan efisiensi biaya perawatan pompa tanpa mengabaikan laju alir yg diharapkan.

Ternyata hasil evaluasi pompa HPU *Rerun* terpasang sumur RS#212 menggunakan pompa EJP 2.25 dibawah rata-rata *performance* pompa yaitu 24%, sehingga dilakukan *design* ulang dengan mengubah panjang langkah pompa (S) menjadi 92 inch dan kecepatan pompa (N) menjadi 7,8 spm diperoleh peningkatan efisiensi pompa sebesar 50%, dari 24% menjadi 74% dengan Q 271 bfpd. Dengan demikian perusahaan mampu menghemat biaya sebesar Rp 10.500.000.000 mencakup seluruh area BOB untuk tahun 2017 hingga 2019, karena tidak perlu mengganti pompa. Jumlah HPU *Rerun* terpasang sebanyak 30 sumur atau 42,8%, Dan selebihnya di-*Repair* sebanyak 40 sumur atau sekitar 57,2% karena kondisi yang benar-benar rusak.

Kata Kunci: *Hydraulic Pumping Unit, Panjang Langkah, Kecepatan pompa, Rerun, Repair dan Operational Excellence in Cost Reduction.*

**EVALUATION OF THE USE HPU RERUN IN PROMOTING
OPERATIONAL EXCELLENCE IN COST REDUCTION IN BOB PT. BSP -
PERTAMINA HULU**

**RONALD SIDIQ
133210217**

ABSTRACT

Seeing the condition of oil and gas world oil prices have decreased, thus forcing each company to cut production costs in each line so that the company can survive. Especially the Artificial Lift on the Hydraulic Pumping Unit is a cost reduction reduction strategy but the HPU is running well (Operational Excellence in Cost Reduction) by empowering the use of HPU Rerun as a second optional. HPU Rerun is HPU Used unit is used from production well, where at the time of discharge and disassembly of the pump it is found that the unit is still in good condition and the recommendation is reusable at the next well.

As used pump units from previous production wells, and only limited to Rerun (small service) and continuous production, it is necessary to evaluate the Rerun pump installed in Mubarak field to see whether the pump performance is above average performance or not. if not then it will be done by re-designing the pump by modifying the N and Stroke Length (S) but not the type of pump and the amount of HPU, this is due to the efficiency of pump maintenance costs without ignoring the expected flow rate.

It turns out that the evaluation results of HPU Rerun pump installed RS#212 well with pump EJP 2.25 below the average pump performance that is 24%, thus re-design by converting S to 92 inch and N to 7,8 spm, and obtained improvement of pump efficiency by 50%, from 24% to 74% with Q 271 bfpd. Thus the company is able to save the cost of Rp 10.500.000.000 covering the entire BOB area for 2017 until 2019, since there is no need to replace the pump. The number of HPU Rerun installed as many as 30 wells or 42,8%, and the rest in the Repair as much as 40 wells or about 57,2% because the conditions are really damaged.

Key Words: *Hydraulic Pumping Unit, Stroke Length, Rerun, Repair and Operational Excellence in Cost Reduction.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak Juni 2014 harga minyak bumi level dunia terus mengalami penurunan, meskipun ditahun 2017 mengalami peningkatan kembali namun tidak signifikan. Kondisi ini berdampak langsung pada harga minyak Indonesia hingga saat ini (ESDM, 2014). Sehingga memaksa setiap perusahaan yang bergerak dibidang migas harus memangkas biaya produksinya disetiap bidang agar perusahaan dapat bertahan. Dibagian *Artificial Lift* terutama pada *Hydraulic Pumping Unit*, dilakukan strategi pengurangan biaya perbaikan namun HPU tetap berjalan dengan baik dengan memberdayakan penggunaan HPU *Rerun* sebagai pilihan pengganti. Dimana saat dilakukan pencabutan dan pembongkaran pompa ditemukan bahwa *Unit* tersebut masih dalam kondisi bagus dan rekomendasi untuk bisa digunakan kembali pada sumur berikutnya (Nathan, 1990).

Sebagai unit pompa bekas dari pemakaian sumur produksi sebelumnya, kemudian hanya dilakukan sebatas *Rerun* (*service* kecil) saja serta seiring berjalannya produksi secara terus-menerus maka perlunya adanya evaluasi pompa *Rerun* terpasang di lapangan Mubarak guna melihat apakah performa pompa diatas rata-rata *performance* atau tidak. Jika tidak, maka akan dilakukan optimasi dengan cara *design* ulang pompa yaitu dengan megubah kecepatan pompa (N) dan panjang langkah (S) namun tidak mengganti tipe pompa (Zhou, 2010), hal ini dikarenakan efisiensi biaya perawatan pompa tanpa mengabaikan laju alir yang diharapkan.

Dalam penelitian tugas akhir ini, peneliti mengambil data sumur RS#212 di lapangan Mubarak yang menggunakan pompa HPU *Rerun* karena pompa HPU yang terpasang pada sumur RS#212 ini baru saja melakukan pergantian pompa menggunakan HPU *Rerun* dalam waktu kurang dari satu tahun, sehingga evaluasi pompa HPU *Rerun* yang terpasang tersebut dapat meminimalisir salah satu faktor yang mempengaruhi kurangnya efisiensi pompa akibat dari usia pemakaian pompa dalam jangka waktu yang telah lama digunakan.

Terkait dengan tujuan *Operational Excellence in Cost Reduction* sejak beberapa tahun terakhir khususnya tahun 2015 sampai dengan saat ini BOB (PT. BSP – Pertamina Hulu) telah menggunakan HPU *Rerun*, untuk itu peneliti ingin melihat bagaimana performance pompa HPU *Rerun* serta seberapa besar dapat menghemat biaya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengevaluasi Pompa HPU *Rerun* Terpasang pada Sumur RS#212 Lapangan Mubarak.
2. Perencanaan Ulang Pompa HPU *Rerun* Terpasang pada Sumur RS#212 Lapangan Mubarak apabila hasil evaluasi tidak efisien.
3. Menghitung biaya penghematan penggunaan HPU *Rerun* (service kecil) dari anggaran HPU *Repair* (perbaikan oleh kontraktor) tahun 2017 – 2019.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari tujuan penulisan yang diinginkan, maka peneliti memberikan batasan masalah agar lebih berguna dan fokus sebagai tujuan dari Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Peneliti hanya mengambil satu contoh evaluasi Pompa HPU *Rerun* yang terpasang pada sumur RS#212 Lapangan Mubarak saja.
2. Dalam peningkatan efisiensi pompa peneliti menggunakan tipe pompa tetap, guna mengoptimalkan penggunaan HPU *Rerun* terpasang tanpa harus mengganti tipe pompa.
3. Peneliti hanya membahas biaya anggaran Perbaikan HPU *Rerun* (service kecil) dan *Repair* (perbaikan oleh kontraktor) tahun 2017 – 2019.

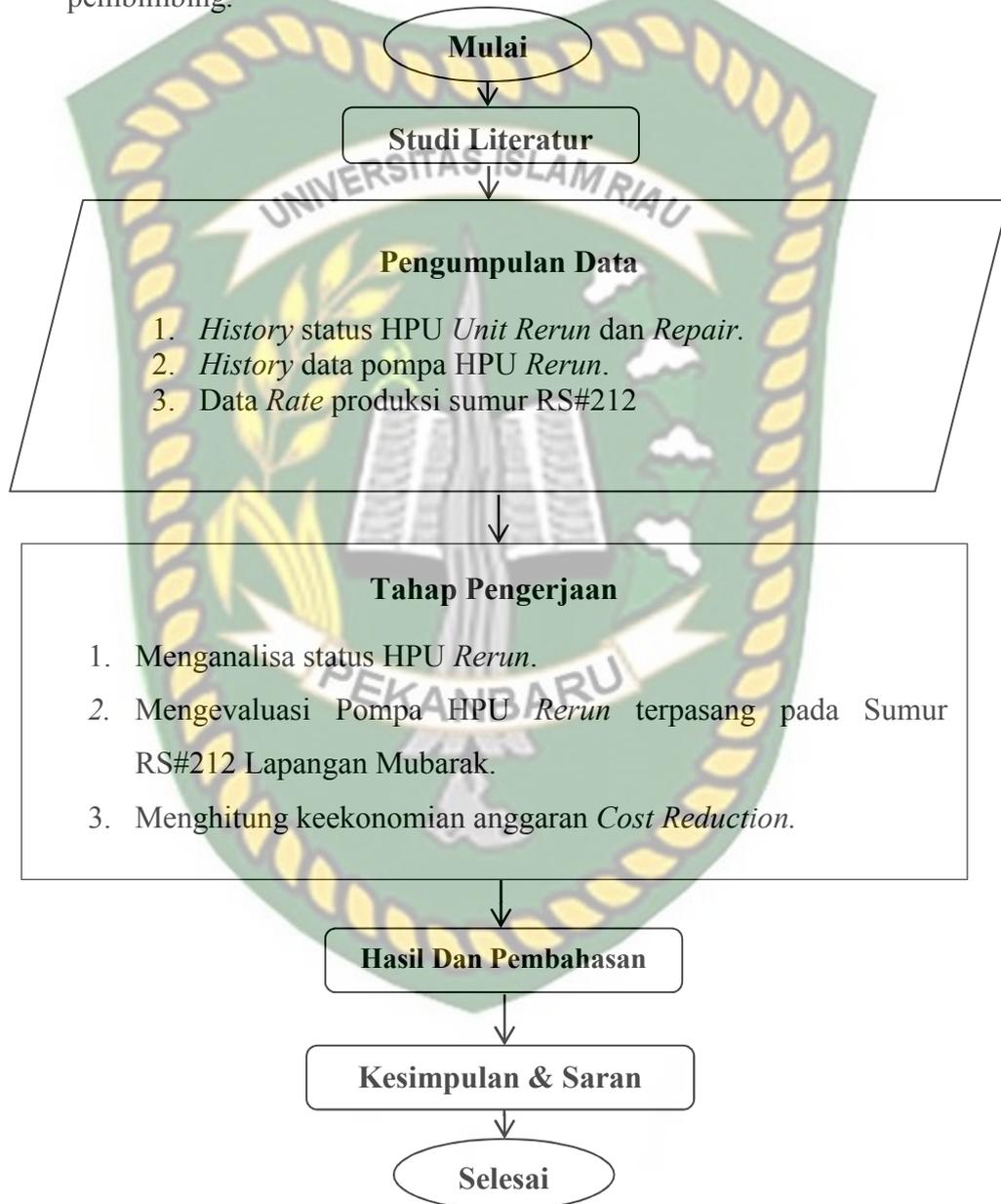
1.4 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi dalam penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Lokasi : Zamrud, Pedada dan West Area (Riau)

2. Metode penelitian : *Field Research*

3. Teknik pengumpulan data: Data sekunder, yaitu menggunakan data statistik penggunaan HPU *Rerun* dan *Repair*, *Maintenance Cost per Well* dari tahun 2017 sampai 2019, *Run Life*, *HPU Pulling report*, buku pegangan pelajaran teknik perminyakan, paper dan diskusi dengan dosen pembimbing.



Gambar 1.1 *Flow Chart* Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT telah menciptakan segala yang ada dimuka bumi untuk kebutuhan manusia dan sebaik-baiknya manusia adalah yang mampu menafkahkan hasil usahanya di jalan Allah SWT sebagaimana di jelaskan dalam (QS Al-Baqarah 267) :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا أَنْفِقُوا مِنْ طَيِّبَاتِ مَا كَسَبْتُمْ وَمِمَّا أَخْرَجْنَا لَكُمْ مِنَ الْأَرْضِ وَلَا تَيَمَّمُوا الْخَبِيثَ مِنْهُ
أَخَذِيهِ إِلَّا أَنْ تُغْمِضُوا فِيهِ وَاعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَنِّي حَمِيدٌ ۚ ٢٦٧ تَنْفِقُونَ وَلَسْتُمْ بِ

Artinya : “Hai orang-orang yang beriman, nafkankanlah (dijalan Allah SWT) sebagian hasil dari usaha mu yang baik-baik dan sebagian dari apa yang kami keluarkan dari bumi untuk kamu, dan janganlah kamu memilih yang buruk-buruk lalu kamu menafkahkan daripadanya, padahal kamu sendiri tidak mau mengambilnya melainkan dengan memicingkan mata terhadapnya, dan ketahuilah, bahwa Allah SWT maha kaya lagi maha terpuji” (QS Al-Baqarah 267).

Dan dalam (QS Az-Dzariyat 20) :

وَفِي الْأَرْضِ ءَايَاتٌ لِّلْمُوقِنِينَ ۚ ٢٠

Artinya : “Dan di Bumi itu terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah SWT) bagi orang-orang yang yakin” (QS Az-Dzariyat 20).

Dalam memproduksi fluida dari formasi produktif dengan pompa Hydraulic Pumping Unit sebagai *Artificial Lift*, diperlukan pengkaitan secara terpadu antara parameter *Reservoir* dan produksi dengan pompa HPU, sesuai dengan hal tersebut maka dalam bab ini akan dibahas prinsip-prinsip dasar yang melatarbelakangi penggunaan pompa HPU pada sumur produksi, serta parameter yang menyatakan produktivitas formasi yaitu *Produktivitas Index (PI)* dan *Inflow Performance Relationship (IPR)*.

2.1 *Productivity Index*

Productivity Index (PI) merupakan *index* yang digunakan untuk menyatakan kemampuan suatu formasi untuk berproduksi pada suatu beda tekanan tertentu atau merupakan perbandingan antara laju produksi yang dihasilkan formasi produktif pada *drawdown* yang merupakan beda tekanan dasar sumur saat kondisi statis (P_s) dan saat terjadi aliran (P_{wf}) (Kermit E. Brown, Vol 1, 1977, p. 12). PI dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$PI = J = \frac{q}{(P_s - P_{wf})} \text{ STB/Day/Psi} \quad (1)$$

Keterangan:

- q = Laju Alir, STB/hari
- P_s = Tekanan *Static Reservoir*, psi
- P_{wf} = Tekanan Alir Dasar Sumur, psi
- $P_s - P_{wf}$ = *Draw-Down Pressure*, psi

2.2 *Inflow Performance Relationship (IPR)*

Aliran fluida dalam media berpori telah dikemukakan oleh Darcy (1856) (Kermit E. Brown, Vol 4, 1984), dalam persamaan:

$$v = \frac{q}{A} = - \frac{k}{\mu} \frac{dP}{dL} \quad (2)$$

Persamaan tersebut mencakup beberapa anggapan, diantaranya adalah:

- a. Aliran mantap
- b. Fluida yang mengalir satu fasa
- c. Tidak terjadi reaksi antara batuan dengan fluidanya
- d. Fluida bersifat incompressible
- e. Viskositas fluida yang mengalir konstan
- f. Kondisi aliran Isotermal
- g. Formasi homogen dan arah aliran horizontal

Persamaan diatas selanjutnya dikembangkan untuk kondisi aliran radial. dimana dalam satuan lapangan persamaan tersebut berbentuk:

$$q_o = 0,007082 \frac{k_o h (P_e - P_{wf})}{\mu_o B_o \ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)} \quad (3)$$

Dimana:

- q = Laju aliran fluida, bbl/hari
 q_0 = Laju aliran fluida dipermukaan, STB/hari
 h = Ketebalan lapisan, ft
 k = Permeabilitas batuan, md
 μ_0 = Viscositas minyak, cp
 B_0 = Faktor volume formasi minyak, bbl/STB
 P_{wf} = Tekanan alir dasar sumur, psi
 P_e = Tekanan formasi pada jarak r_e , psi
 r_e = Jari-jari pengurasan sumur, ft
 r_w = Jari-jari sumur, ft

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk menggunakan Persamaan

(4) adalah:

- Fluida berfasa tunggal
- Aliran Mantap (*steady state*)
- Formasi homogen, horizontal
- Fluida *incompressible*

Dengan demikian apabila variabel-variabel dari Persamaan (3) diketahui, maka laju produksi (potensi) sumur dapat ditentukan.

Jika variabel-variabel diatas tidak diketahui dan fluida direservoir satu fasa tetapi memiliki aliran 2 fasa dikarenakan pada saat tekanan dasar sumur turun dan dapat melewati dari tekanan gelembung sehingga terlepasnya gas dari fluida, maka digunakan metode kombinasi Vogel (Kermit E. Brown, Vol 4, 1984), yaitu:

$$Q_b = PI (P_s - P_b) \quad (4)$$

Dimana :

- Q_b = Laju alir fluida pada saat mencapai P_b , bbl/hari
 PI = *Productivity index*
 P_s = Tekanan reservoir/tekanan statis, Psi
 P_b = Tekanan gelembung, Psi

Kemudian untuk mencari harga dari laju alir maksimum menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{max} = Q_b + \frac{PI \times Pb}{1,8} \quad (5)$$

Dimana :

Q_{max} = Laju alir maksimum fluida, bbl/hari

Q_b = Laju alir pada saat P_b , bbl/hari

PI = *Productivity index*

P_b = Tekanan gelembung, Psi

Kemudian pada saat membuat kurva IPR dari metode kombinasi Vogel ini terdapat 2 pembagian, yaitu:

Jika P_{wf} asumsi $> P_b$

$$Q = PI (P_s - P_{wf})$$

Dimana :

Q = Laju alir fluida, bbl/hari

PI = *Productivity Index*

P_s = Tekanan statis/reservoir, Psi

P_{wf} = Tekanan alir dasar sumur, Psi

Jika P_{wf} asumsi $< P_b$

$$Q = Q_b + (Q_{max} - Q_b) \times \left[1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right]$$

Dimana :

Q = Laju alir fluida, bbl/hari

Q_b = Laju alir pada saat P_b , bbl/hari

Q_{max} = Laju alir maksimum, bbl/hari

P_{wf} = Tekanan alir dasar sumur, Psi

P_b = Tekanan gelembung, Psi

Dengan penentuan P_s dan P_{wf} berdasarkan data sumur, yaitu:

a. Untuk P_s :

$$SFL = D - \left(\frac{P_s}{Gf} - \frac{P_c}{Gf} \right) \quad (6)$$

$$P_s = (D - SFL) \times Gf \quad (7)$$

b. Untuk Pwf:

$$\text{WFL} = D - \left(\frac{P_{wf}}{G_f} - \frac{P_c}{G_f} \right) \quad (8)$$

$$P_{wf} = (D - \text{WFL}) \times G_f \quad (9)$$

Dimana :

SFL = Statik *fluid* level, ft

WFL = *working fluid* level, ft

D = Kedalaman sumur, ft

Gf = *Gradien* fluida, Psi/ft

2.3 *Hydraulic Pumping Unit (HPU)*

Hydraulic Pump merupakan salah satu metode artificial lift dimana system pengangkatan cairan dengan pompa hidrolik memanfaatkan cairan bertekanan tinggi (power fluid) sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan pompa di bawah permukaan. Pada umumnya pompa HPU digunakan pada sumur yang dalam. Pemasangan HPU ditujukan pada sumur-sumur pompa yang mempunyai aliran yang rendah dengan ciri-ciri reservoir permeabilitas dan tekanan rendah, tetapi memiliki oil cut yang masih tinggi. HPU memiliki keunggulan dibandingkan jenis pengangkatan buatan lainnya, karena kapasitas terangkatnya fluida bisa disesuaikan kapan saja sesuai dengan kondisi reservoir. Keunggulan lainnya adalah mudah dalam pemasangan, pemeliharaan, serta bisa dipindah-pindah dari satu sumur ke sumur lainnya tanpa harus membongkar unit permukaannya. (Fitrianti, 2013).

2.3.1 *Peralatan Hydraulic Pumping Unit (HPU)*

Peralatan *Hydraulic Pumping Unit* dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu (Nathan, 1990):

1. Peralatan diatas permukaan
2. Peralatan dibawah permukaan

2.3.1.1 *Peralatan di Atas Permukaan*

Peralatan diatas permukaan *Hydraulic Pumping Unit (HPU)* yaitu terdiri atas sebagai berikut:

1. *Power pack*

Power pack berfungsi untuk memompakan *hydraulic fluid* menuju ke *hydraulic jack*, yang terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

- a. *Electrical control box* merupakan pusat pengontrol sebagian besar kelistrikan HPU. Komponen-komponen listrik terdiri dari sebuah motor *starter*, motor *overload protector*, dan sebuah *programmable logic controller*.
- b. *Flow control valve* digunakan untuk mengontrol jumlah aliran *fluida*. Katup yang bawah membatasi penyebaran *fluida*, sedangkan yang atas membatasi seberapa cepat penghalang (*valve*) dibuka.
- c. *System relief valve* ini memungkinkan untuk memberikan *pressure* selama pemeliharaan dan perbaikan.
- d. *Tank Weldment* menjaga agar cairan hidrolik tidak dibawah tekanan. Kapasitas minimal tangki 20 gallons.
- e. *Oil site gage* memberikan suatu indikasi batas tinggi cairan. Sehingga *hydraulic fluid* dapat terus terkontrol agar kinerja tetap berjalan lancar.
- f. *Manifold block* memberi tekanan pada cairan hidrolik ke berbagai sistem hidrolik melalui *control valve* dan *Pressure switch* berfungsi mengontrol motor untuk membatasi tekanan pada sistem.
- g. *Hand pump* apabila ada gangguan listrik, pompa tangan (manual) digunakan agar sistem tetap berjalan agar *fluida* tidak kosong dalam setting *hydraulic jack*. Klep harus digeser dan kemudian dengan secara manual memompa *hand pump* sampai penghalang telah menutup jalur *fluida*. Pompa manual diharapkan untuk digunakan di saat operasi dalam keadaan darurat dan akan memerlukan banyak siklus untuk mengangkat penghalang standard.
- h. *Pressure gage* menunjukkan *system pressure* HPU secara *actual*, standar operasi harus kurang dari 2000 *psi*.
- i. *Accumulator* berfungsi sebagai suatu reservoir tekanan untuk menyimpan cairan yang diberi tekanan.
- j. Pompa dihubungkan dengan *electricmotor* dan memenuhi tekanan pemompaan untuk mengisi akumulator dan *Electric motor* menjalankan pompa hidrolik.

- k. *Emergency Fast Operation EFO valve* dan *coil*, aliran dilewatkan melalui *valve* pada sirkuit kontrol kendali dan membuat sistim memberikan aliran penuh saat tekanan tertinggi. Operasi ini dimaksudkan untuk memindahkan penghalang (*barrier*) dalam waktu singkat. Misalnya saat perbaikan ringan.
- l. *Base filter assembly* untuk menyaring zat pencemar dari minyak hidrolik selama beroperasi.
- m. *Directional control valve* mengoperasikan katup pada operasi normal. Mengalirkan cairan untuk melewati penghalang (*barrier*).
- n. *Cabinet* melindungi komponen pompa hidrolik, apakah sudah kuat dan terkunci.

2. *Hydraulicjack*

Hydraulicjack berfungsi untuk mentransmisikan *pressure* dari *hydraulicfluid* untuk mengangkat rangkaian pompa, yang terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

- a) Sensor pengatur panjang *stroke* (S) berfungsi untuk mengubah pengaturan panjang *stroke* sesuai desain yang diinginkan.
- b) Tangga berfungsi untuk memudahkan pada saat mengatur komponen yang berada diatas *hydraulicjack* atau untuk memeriksa kerusakan-kerusakan kecil pada *hydraulicjack*.
- c) Menara sebagai pondasi untuk *polished rod* saat beroperasi agar kuat dan lebih sentral sehingga kebocoran pada *stuffing box* dapat dihindari.
- d) *Stroke* berfungsi sebagai penerima hasil transmisi *hydraulicfluid* bertekanan tinggi dari *powerpack* menjadi gerakan naik turun untuk mengangkat rangkaian *sucker rod pump* di bawah permukaan.
- e) *Hydraulicchase* berfungsi mengalirkan fluida bertekanan tinggi dari *power pack* ke *hydraulicjack* unit. Ada dua jenis yang berukuran besar dan kecil yaitu *hose* berukuran besar berfungsi untuk mengalirkan fluida bertekanan tinggi dari *power pack* sehingga akan menaikkan *stroke* pada *hydraulicjack* (*up-stroke*), sedangkan *hose* yang kecil berfungsi mengalirkan *hydraulic fluida* bertekanan tinggi dari *hydraulicjack* kembali ke *power pack*. Proses ini terus berulang kali sehingga fluida pada sumur tersebut bisa diproduksi.



Gambar 2.1 Peralatan diatas Permukaan *Hydraulic Pumping Unit*
(www.globalspec.com)

2.3.1.2 Peralatan Bawah Permukaan

Peralatan dibawah permukaan dari pompa *Hydraulic Pumping Unit* (HPU) terdiri atas sebagai berikut:

1. Tubing

Tubing adalah pipa untuk produksi dan bisa dipindah atau diganti tidak seperti casing. Tubing berfungsi seperti tempat mengalirnya fluida produksi sampai ke permukaan. Pada artificial lift, tubing juga berfungsi sebagai tempat menggantungnya pompa.

Tabel 2.1 Data Ukuran Tubing

Tubing Size	Outside Diameter (Inch)	Inside Diameter (inch)	Metal Area (in ²)	Elastic constant, in. per lb ft
2 3/8	2.375	1.995	1.304	0.307 x 10 ⁻⁶
2 7/8	2.875	2.441	1.812	0.221 x 10 ⁻⁶
3 1/2	3.500	2.992	2.590	0.154 x 10 ⁻⁶
4	4.000	3.476	3.077	0.130 x 10 ⁻⁶

Sumber: Kermitt E. Brown, Vol 2a (1980)

2. Pompa

Pompa merupakan alat utama pada HPU ini, pompa dipasang diujung sucker rod, yang terletak di dalam tubing. Berdasarkan cara pemasangan

pompa dibawah permukaan ini diklasifikasikan menjadi 2 antara lain Tubing pump dan Rod pump (*insert pump*). Pompa yang digunakan di BOB PT. BSP Pertamina Hulu adalah *rod pump (insert pump)*. Pompa yang ada di dalam sumur terdiri beberapa komponen, antara lain yaitu:

a) *Working barel*

Working barel 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*

Plunger merupakan torak atau tangkai pompa yang terletak di dalam *working barrel*, apabila *plunger* ditarik ke atas (*up-stroke*) maka fluida akan masuk ke dalam *working barrel* melalui *standing valve*, sedangkan sewaktu *plunger* diturunkan (*down-stroke*) fluida akan keluar ke atas melalui *travelling valve*. Pada plunger ini terdapat *ball* dan *seat*, yang berfungsi sebagai katup, panjang nya adalah 4 ft.

Tabel 2.2 Data *Plunger* Pompa

Diameter (inch)	Luas, Ap (sq.in)	Konstanta Pompa (bbl/D/in./spm)
1	0,785	0,117
1 1/16	0,880	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

Sumber: Kermit E. Brown, Vol 2a (1980)

c) *Standing valve*

Standing valve merupakan katup yang terdapat di bagian bawah *working barrel* yang berfungsi memberi jalan masuk bagi fluida dari dalam sumur masuk ke *working barrel* (pada saat *up-stroke*, *standing valve* terbuka) dan

untuk menahan fluida agar tidak keluar dari *working barrel* pada saat *plunger* bergerak ke bawah (pada saat *down-stroke*, *standing valve* tertutup). *Standing valve* terdiri dari sebuah bola besi dan tempat dudukannya (*ball* dan *seat*).

d) *Travelling valve*

Travelling valve, *ball* and *seat*-nya terletak pada bagian bawah dari *plunger* dan akan ikut bergerak ke atas dan ke bawah menurut gerakan *plunger*, fungsinya:

- 1) mengalirkan atau memindahkan fluida dari *working barrel* masuk ke *plunger*, hal ini terjadi pada saat *plunger* bergerak ke bawah.
- 2) menahan fluida pada saat *plunger* bergerak ke atas sehingga fluida tersebut dapat dipindahkan ke tubing untuk selanjutnya dialirkan ke permukaan.

e) *Anchor*

Anchor merupakan komponen yang dipasang di bagian bawah pompa, yang berfungsi untuk memisahkan gas dari minyak agar gas tersebut tidak ikut masuk ke dalam pompa bersama-sama dengan minyak, karena adanya gas akan mengurangi efisiensi pompa digunakan gas *anchor*, menghindari masuknya pasir atau padatan ke dalam pompa digunakan mud *anchor* dan mengurangi atau menghindari terjadinya tubing *stretch* digunakan tubing *anchor*.

3. *Rod String*

Rod string energi ditransfer dari alat-alat permukaan ke *plunger* melalui *sucker rodstring*. *Rod* dibuat dari 90% lebih besi dengan campuran Carbon agar lebih kuat, Mangan dan Silikat untuk mencegah Fe-Oksida, Nikel sebagai anti karat, Molibdenum lebih kuat, Cuprum sebagai anti karat. *Rod string* terdiri atas beberapa bagian, sebagai berikut:

- a) *Sucker rod* merupakan batang/rod penghubung antara *plunger* dengan peralatan dipermukaan yang fungsi utamanya adalah melanjutkan gerak naik turun. Umumnya panjang satu single dari *sucker rod* yang sering digunakan berkisar 25 ft.

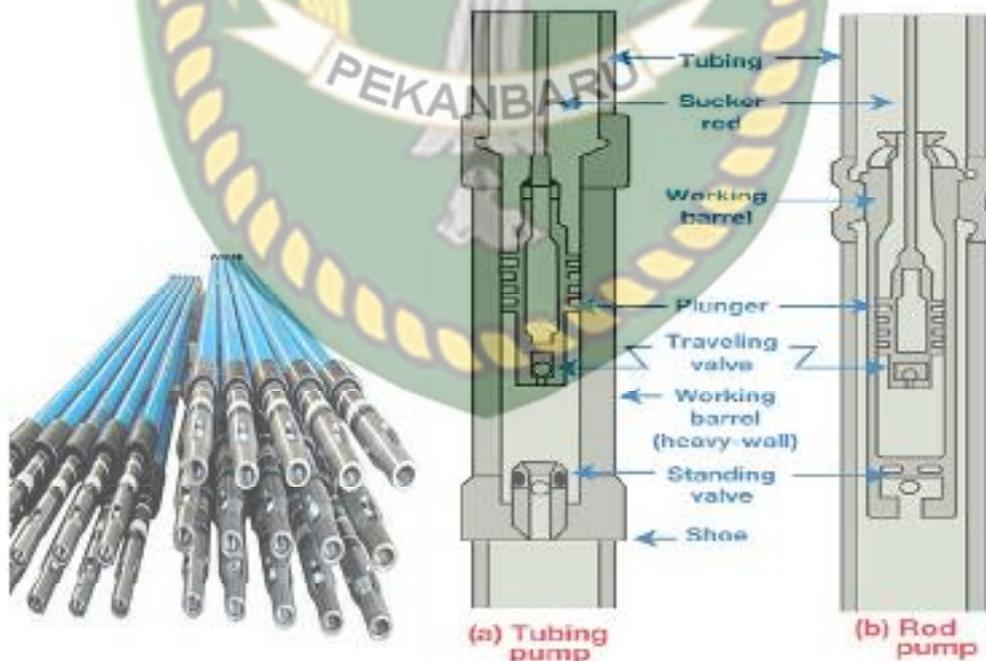
Tabel 2.3 Data *Sucker Rod*

Ukuran (inch)	Luas (inch ²)	Berat (lb/ft)
5/8	0,307	1,16
3/4	0,447	1,63
7/8	0,601	2,16
1	0,785	2,88
1 1/8	0,994	2,64

Sumber: Kermit E. Brown, Vol 2a (1980)

b) *Pony rod* merupakan *rod* yang mempunyai panjang yang lebih pendek dari panjang *rod* umumnya <25ft. Fungsinya untuk melengkapi panjang dari *sucker rod*, apabila tidak mencapai kepanjangan yang dibutuhkan yang memiliki beberapa ukuran diantaranya, ukuran 2, 4, 6, 8, 12 ft.

c) *Polishedrod*, merupakan tangkai *rod* yang berada diluar sumur yang menghubungkan *sucker rodstring* dengan *carrier bar* dan dapat naik turun di dalam *stuffing box*. Diameter *stuffing box* lebih besar dari diameter *polished rod*, panjang *polished rod* adalah 30 ft.



Gambar 2.2 Peralatan bawah permukaan HPU (www.globalspec.com)

2.4 Karakteristik Kinerja *Hydraulic Pumping Unit* (HPU)

Prinsip kerja dari *Hydraulic Pumping Unit* (HPU) adalah sebagai berikut (Agus A., Alfian M. and Erick Y., 2007) :

- a. *Hydraulic* fluida bertekanan tinggi dari power pack dipompakan menuju ke *hydraulicjack* guna mentransmisikan *pressure* dari *hydraulic* fluida menjadi gerakan naik turun pada *hydraulicjack*.
- b. Dari gerakan hidrolis tadi kemudian diteruskan oleh *polished rod* terus *sucker rod* dan ke *plunger*, sehingga *plunger* bergerak turun naik yang merupakan gerakan langkah dari pompa.
- c. Apabila *plunger* bergerak keatas (*up-stroke*), maka dibawah *plunger* akan terjadi penurunan tekanan, sehingga tekanan dasar sumur lebih besar dari tekanan dalam pompa, keadaan ini menyebabkan *standing valve* terbuka dan fluida masuk kedalam pompa.
- d. Pada akhir *up stroke* volume di bawah *plunger* terisi penuh oleh cairan dan pada saat *plunger* bergerak kebawah (*down-stroke*), *standing valve* akan tertutup karena *plunger* menekan fluida, pada saat bersamaan fluida tersebut akan menekan *traveling valve*, fluida keluar dari *plunger* dan masuk ke tubing.
- e. Proses tersebut berlangsung berulang kali, sehingga fluida pada tubing akan bergerak naik ke permukaan dan mengalir menuju *gathering station* melalui *flowline*.

2.5 Perencanaan *Hydraulic Pumping Unit* (HPU)

2.5.1 Beban Percepatan

Apabila *rod string* digantungkan pada *polished rod* atau bergerak naik turun dengan kecepatan konstan maka gaya yang bekerja pada *polished rod* adalah berat dari *rod string* (W_r). Dalam hal ini *rod string* mengalami percepatan, maka *polished rod* akan mengalami beban tambahan, yaitu beban percepatan sebesar :

$$(W_r / g).a \quad (10)$$

Faktor percepatan atau faktor bobot mati *rod string* adalah besarnya percepatan maksimum gravitasi, yaitu :

$$\alpha = a / g \quad (11)$$

Keterangan :

a = percepatan maksimum yang terdapat pada *rod string*

g = percepatan graviatsi

Percepatan maksimum dari sistem *rod string* terjadi pada awal *up stoke* dan pada awal *down stoke*, yaitu pada saat titik proyeksi mempunyai jarak yang melingkar yaitu :

$$A = V_p^2 / r_e \quad (12)$$

Keterangan :

V_p = kecepatan partikel

r_e = jari-jari lingkaran

Apabila waktu untuk satu kali perputaran r_e maka :

$$V_p = (2 \pi r_e) / \tau \quad (13)$$

Dan apabila N adalah jumlah putaran persatuan waktu, maka :

$$V_p = 2 \pi r_e N \quad (14)$$

Jika persamaan (14) disubtitusikan kedalam Persamaan (11), maka didapatkan persamaan :

$$\alpha = V_p^2 / (r_e \cdot g) = (4 \pi^2 r_e N^2) / g \quad (15)$$

Keterangan :

N = kecepatan pemompaan

r_e = dapat dihubungkan dengan *polished rod stroke length* (s), yaitu :

$$r_e = S / 2$$

Dengan demikian Persamaan (15) menjadi :

$$\alpha = (2 \pi^2 S N^2) / g \quad (16)$$

Panjang langkah *polished rod* biasanya dinyatakan dalam inchi, dan kecepatan pemompaan dalam *stroke* per menit (spm), maka :

$$\alpha = \frac{2\pi^2 S N^2}{32,2} \frac{\text{in/min}}{\text{ft/sec}^2} \frac{1\text{ft}}{12\text{in}} \frac{1\text{min}}{3600 \text{ sec}^2}$$

$$\alpha = \frac{S N^2}{70500} \quad (17)$$

2.5.2 Panjang langkah *Plunger* Efektif

Marsh dan Coberly telah menurunkan persamaan untuk menghitung perpanjangan akibat beban yang diderita oleh *string*, dimana besarnya *plunger overtravel*, adalah :

$$e_p = \frac{12.L.\alpha}{E.A_r} \times \frac{490.L.A_r}{144} = \frac{40,8.L^2.\alpha}{E} \quad (18)$$

Persamaan (18) digunakan untuk *untapered rod string* sedangkan untuk *tapered rod string* menggunakan persamaan berikut :

$$e_p = \frac{32,8.L^2.\alpha}{E} \quad (19)$$

Keterangan :

E_p = *Plunger overtravel*, in.

L = panjang *rod*, ft.

α = faktor percepatan.

Sedangkan perpanjangan *rod* (e_r) dan perpanjangan tubing (e_t), adalah sebagai berikut :

$$e_t = \frac{5,20.G.D.A_p.L}{E.A_t} \quad (20)$$

$$e_r = \frac{5,20.G.D.A_p.L}{E.A_r} \quad (21)$$

Keterangan :

e_t = perpanjangan tubing, in.

e_r = perpanjangan *rod*, in.

G = *specific gravity* fluida.

D = *working fluid level*, ft.

L = kedalaaman letak pompa, ft.

A_p = Luas permukaan dinding *plunger*, sq-in.

A_t = luas penampang dinding tubing, sq-in.

A_r = luas penampang *rod*, sq-in.

E = *modulus elastisitas* = 30×10^6

Bila dipasang *anchor* pada tubing, maka L / A_t dapat diabaikan.

Dengan demikian *effective plunger stroke* adalah merupakan *polished rod stroke* dikurangi dengan *rod* dan *tubing stretch* ditambah dengan *plunger overtravel* atau :

$$S_p = S + e_p - (e_t + e_r) \quad (22)$$

2.5.3 Beban Rod String

Selama siklus pemompaan terdapat lima faktor yang mempengaruhi beban bersih (*net load*) dari *rod*, yaitu : beban fluida, berat mati *rod string*, beban percepatan *sucker rod*, gaya keatas pada *sucker rod* yang tercelup dalam fluida dan gaya gesekan diabaikan sehubungan dengan fluida yang diangkat.

Beban fluida yang hanya terjadi pada saat *up stroke* yang diderita oleh *rod* adalah dinyatakan dengan :

$$W_f = 62,4.G \{ (L.A_p / 144) - (W_r / 490) \}$$

$$W_f = 0,433.G(L.A_p - 0,294.W_r) \quad (23)$$

Dan berat dari *tapered rod string* :

$$W_r = M_1.L_1 + M_2.L_2 + \dots + M_n.L_n \quad (24)$$

Sedangkan untuk *untapered rod string* dinyatakan sebagai :

$$W_r = M \times L \quad (25)$$

Keterangan :

W_f = beban fluida, lb.

W_r = berat *tapered/untapered rod string*, lb.

M_1 = berat *rod, section* pertama dari *tapered rod*, lb/ft.

M_2 = berat *rod, section* kedua dari *tapered rod*, lb/ft.

M_n = berat *rod, section* ke-n dari *tapered rod*, lb/ft.

L_1 = panjang *rod, section* pertama ft.

L_2 = panjang *rod, section* kedua ft.

L_n = panjang *rod, section* ke-n ft.

2.5.4 Pump Displacement dan Efisiensi Volumetris

Secara teoritis *pump displacement* (volume pemompaan) dapat dihitung dengan menggunakan *efektif plunger stroke*, yaitu :

$$V = A_p (\text{inchi})^2 \times S_p (\text{inchi/stroke}) \times N (\text{stroke/menit}) \times \frac{1440(\text{menit / hari})}{9702 \text{inchi}^2 / \text{bbl}}$$

$$V = 0,1484 \text{ Ap Sp N } , \text{ bbl/day} \quad (26)$$

Harga $0,1484 \times \text{Ap}$ merupakan suatu konstanta (K) untuk suatu diameter tertentu dari ukuran *plunger*, maka Persamaan (26) menjadi :

$$V = K \times \text{Sp} \times N \quad (27)$$

Untuk mengetahui harga sebenarnya dari *pump displacement*, perlu diketahui efisiensi volumetris (E_v) dari pompa tersebut, sehingga ;

$$Q = V \times E_v \quad (28)$$

Keterangan :

q = laju produksi, bbl/day.

V = *pump displacement*, bbl/day.

E_v = efisiensi volumetris

Atau :

$$E_v = \frac{q}{v} \times 100\% \quad (29)$$

Efisiensi volumetris pompa merupakan faktor yang penting dalam perencanaan pompa. Harga efisiensi volumetris berubah-ubah tergantung pada :

- a. Fluida yang diproduksi.
- b. Jenis pompa yang digunakan.
- c. Kedalaman pompa.
- d. Kondisi peralatan di permukaan.
- e. Pengaruh gas.

Tabel 2.4 Efisiensi Pompa HPU Pada Berbagai Kondisi Sumur

EV (%)	Kondisi Sumur
60 – 70	1. Sumur dalam dengan arus dalam 2. Sumur menghasilkan gas dan separator bekerja baik
70 – 85	1. Sumur normal 2 Arus Cairan dangkal dan pompa dipasang dangkal
85 – 95	1. Tidak ada interferensi gas 2. Arus cairan dangkal dan pompa dipasang dangkal

Sumber: Edi Purwaka (2018)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi volumetris pompa HPU adalah :

1. Karakteristik Fluida

- a) Viskositas

Apabila cairan mempunyai viskositas kecil, maka akan lebih mudah menyebabkan kebocoran melalui ruang antara *plunger* dan *barrel* sehingga efisiensi pompa akan menurun. Jika viskositas cairan tinggi, lebih besar dari 400 cp maka kemungkinan pengisian cairan didalam pompa hanya sebagian saja, dengan demikian akan mengurangi efisiensi pompa. Disamping itu viskositas yang tinggi sering membawa partikel-partikel pasir kedalam pompa sehingga *plunger* cepat aus.

- b) Temperatur

Makin tinggi temperatur, maka viskositas dan specific gravity makin rendah dan specific gravity ini akan mempengaruhi hasil pemompaan. Temperatur juga akan mempengaruhi terhadap pembebasan gas dan panas yang terkompresi didalam pompa akan mempercepat terjadinya korosi.

2. Kondisi Operasi

Penempatan kedalaman yang baik yaitu pada kedalaman optimum, akan menyebabkan membuka menutupnya *valve* waktu pemompaan dapat berjalan dengan baik. Disamping itu, kecepatan pemompaan yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerja *valve* kurang baik sehingga *barrel* pompa tidak terisi penuh dengan cairan. Hal ini jelas mengakibatkan menurunnya efisiensi pompa. Akibat dari karena kecepatan pompa terlalu tinggi, dapat menimbulkan resonansi pada *sucker rod* yang cukup besar. Keadaan demikian dapat menyebabkan *sucker rod* cepat putus.

3. Karakteristik Sumur

4. *Productivity Index* (PI).

Faktor ini akan mempengaruhi terhadap pemasukan cairan kedalam *working barrel*. Bila *displacement* pompa lebih besar dari

kemampuan formasi, maka *barrel* pompa hanya terisi sebagian saja. Hal ini dapat menyebabkan *fluid pound* atau *pump off*.

5. Tekanan resevoir

Tekanan resevoir akan mempengaruhi terhadap tinggi rendahnya cairan fluida didalam sumur. Hal ini akan mempengaruhi penempatan kedalaman pompa.

6. Pengaruh Gas

a) *Gas Pound*

Gas pound sebagai akibat adanya gas yang mengisi sebagian *working barrel*. Pada saat *down stoke*, *travelling valve* terlambat membuka karena adanya sejumlah gas diruang kerja pompa yang terbawa cairan. Karena adanya gas ini, maka pada saat *plunger* bergerak turun *travelling valve* menutup dikarenakan gas dalam ruang kerja pompa terkompresi terlebih dahulu, kemudian setelah tekanan didalam ruang kerja pompa cukup kuat baru *travelling valve* terbuka untuk memasukkan cairan kedalam ruang *plunger* pompa. Adanya *gas pound* ini mengakibatkan berkurangnya pengisian cairan ke dalam ruang kerja pompa, sehingga menurunkan efisiensi pompa.

b) *Gas Lock*

Gas lock adalah keadaan barrel pompa terisi oleh gas. Hal ini disebabkan karena keterlambatan *valve* untuk membuka sebagaimana biasanya. Pada saat *down stoke* gas dimampatkan dan pada saat *up stoke* terjadi pengembangan gas. Gas inilah yang menyebabkan hilangnya efisiensi pompa. Pada permulaan dari *down stoke*, *travelling valve* tidak membuka sampai *plunger* mengkompresi gas pada pompa dengan tekanan yang sama dengan head dari hidrostatis fluida dalam tubing. Hal ini yang terjadi adalah *standing valve* yang tidak membuka pada saat permulaan *up stoke* dan baru terbuka bila tekanan dasar sumur melebihi tekanan *barrel* dalam pompa.

2.5.5 Optimasi Kecepatan Pompa dan Panjang Langkah

Setelah didapatkan kurva IPR, maka langkah awal dari optimasi adalah menentukan persamaan kurva *pump intake* disamping kurva IPR. Persamaan kurva *pump intake* adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{A_p} \left[\frac{W_f + (0,9 - 0,5063SF) W_r \frac{T}{4} SF A_{tr} + \frac{W_r.S.N^2}{70500 A_p}}{(1 + 0,5625 SF \pm 0,5625 SF)} \right] \quad (30)$$

Dimana T adalah *tensile strength minimum* dari *rod* yang tergantung pada *API Grade rod*. Untuk *API grade C*, harga T adalah 90000 psi, sedangkan *API grade D* harga T adalah 115000 psi. SF merupakan *service factor* yang tergantung pada tipe *rod* dan kondisi operasi pompa, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.5 Service Factors

Service	API C	API D
Non Corrosive	1,00	1,00
Salt Water	0,65	0,90
Hidrogen Sulfid	0,50	0,70

Sumber : Kermitt E. Brown, Vol 2a (1980)

Jika kita menuliskan persamaan $S \cdot N^2$ sebagai :

$$S.N^2 = \frac{N}{0,8.K} \cdot v \quad (31)$$

maka Persamaan (31) berubah menjadi :

$$P = a + b \cdot v \quad (32)$$

Keterangan :

$$a = \frac{1}{A_p} \left[W_f + (0,9 - 0,5063.SF) W_r - \frac{T}{4} SF.A_{tr} \right] \quad (33)$$

$$b = \frac{W_r.S.N^2}{56400.K.A_p} [1 + 0,5625 \pm (1 - 0,5625.SF)] \quad (34)$$

Harga $S.N^2$ dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$S.N^2 = \frac{v}{(0,8.K)^2 \cdot S} \quad (35)$$

Sehingga Persamaan (35) berubah menjadi :

$$P = a + c.v^2 \quad (36)$$

Keterangan : a sama dengan Persamaan (33), sedangkan c adalah :

$$c = \frac{W_r}{45120.K^2.A_p.S} [1 + 0,5625.SF \pm (1 - 0,5625.SF)] \quad (37)$$

Berdasarkan Persamaan (32) dan (36) kita dapat membuat kurva *pump intake*. Pada kedua persamaan ini harga a adalah konstan, sedangkan harga b dan c bervariasi yang masing-masing tergantung pada harga N dan S. Setiap harga N akan menghasilkan satu harga b, begitu pula pada harga S akan menghasilkan harga c yang konstan.

Kurva *pump intake* ini didapatkan dengan mengasumsikan satu harga S atau N, kemudian diikuti dengan asumsi beberapa harga q untuk mendapatkan harga P, sehingga didapatkan pasangan data (q,P). Pasangan data ini diplot pada kurva IPR, dan didapatkan kurva *pump intake* untuk satu harga S atau harga N.

Antara kurva *pump intake* dengan kurva IPR akan saling berpotongan. Dengan mengambil harga laju produksi tempat perpotongan ini akan didapatkan kembali pasangan titik (S,q) dan (n,q). Pasangan titik ini kemudian diplot pada kertas grafik sehingga didapatkan grafik hubungan S vs q dan N vs q.

2.6 Perhitungan Optimasi Pompa *Hydraulic Pumping Unit* (HPU)

Prosedur perhitungan optimasi pompa HPU adalah :

Untuk melakukan optimasi pompa HPU, maka diperlukan perhitungan-perhitungan dengan langkah sebagai berikut :

1. Mencari besarnya harga A_p , A_r , A_t , K , dan M .
2. Menentukan beban *rod string* (W_r) dengan menggunakan persamaan (24) untuk *tapered rod string* dan persamaan (25) untuk *untapered rod string*.
3. Menentukan konstanta a, b dan c :

$$a = \frac{1}{A_p} \left(W_r + (0,9 - 0,5063 SF) W_r - \left(\frac{T}{4} SF A_r \right) \right) \quad (38)$$

$$b = \frac{W_r N}{56400 K A_p} (1 - 0,5625 SF + (1 - 0,5625 SF)) \quad (39)$$

$$c = \frac{W_r}{56400 K^2 A_p S} (1 - 0,5625 SF + (1 - 0,5625 SF)) \quad (40)$$

4. Persamaan *Pump Intake* untuk N :

$$P_i = a + bq \quad (41)$$

5. Persamaan *Pump Intake* untuk S :

$$P_i = a + cq^2 \quad (42)$$

6. Menentukan untuk satu harga N dan mengasumsikan beberapa harga q, sehingga diperoleh harga P_i , kemudian mengplot pasangan data (q, P_i) untuk satu harga N pada kurva IPR sumur. Selanjutnya menentukan satu harga S dan mengasumsikan harga q, sehingga diperoleh harga P_i , kemudian mengplot pasangan data (q, P_i), untuk satu harga S pada kurva IPR.

7. Memasukkan hasil perhitungan *Pump Intake Pressure* untuk berbagai macam harga N dan q, serta S dan q ke dalam tabel masing-masing.

8. Dari perpotongan kedua kurva *Pump Intake Pressure* dengan kurva IPR sumur diperoleh pasangan data (N , q) dan (S , q), hasil optimasi diperoleh dari perpotongan hasil *plotting* data-data (N , q) dan (S , q) pada skala yang sesuai.

9. Beban percepatan (α) :

$$\alpha = \frac{S \cdot N^2}{70500} \quad (43)$$

10. Panjang *stroke plunger* efektif

$$S_p = S + e_p - (e_t + e_r) \quad (44)$$

Keterangan :

$$e_p = \frac{40,8 \times L^2 \times \alpha}{E} \quad (\text{untuk } \textit{untapered rod string}) \quad (45)$$

$$e_p = \frac{32,8 \times L^2 \times \alpha}{E} \quad (\text{untuk } \textit{tapered rod string}) \quad (46)$$

$$e_t = \frac{5,20 \times G \times D \times A_p}{E \times A_t} \quad (47)$$

$$e_r = \frac{5,20 \times G \times D \times A_p}{E \times A_r} \quad (48)$$

11. *Pump displacement* :

$$V = K \times S_p \times N \quad (49)$$

12. Efisiensi volumetris :

$$E_v = \frac{q}{v} \times 100\% \quad (50)$$

2.7 Biaya Perbaikan HPU *Rerun* (*Service Kecil*) dan *Repair* (Perbaikan oleh Kontraktor)

Untuk mengetahui perhitungan biaya penghematan penggunaan HPU *Rerun* ini, kita harus mengetahui terlebih dahulu pengertian dari HPU *Rerun* ini yaitu pompa HPU yang telah digunakan dan pada saat *workover* ditemukan bahwa kondisi pompa HPU tersebut masih dalam kondisi yang bagus atau hanya mengalami kerusakan kecil yang hanya perlu perbaikan kecil dan tidak diperlukan pergantian komponen yang besar ataupun melakukan perbaikan besar hingga harus dikirim ke pabrik pompa. Kemudian pompa HPU yang ditemukan dalam kondisi bagus atau hanya mengalami kerusakan kecil tersebut diperbaiki atau dilakukan *servis* kecil dahulu oleh perusahaan tanpa diserahkan kepada kontraktor.

Untuk melakukan perhitungan biaya penghematan penggunaan HPU *Rerun* dari anggaran HPU *Repair*, maka sebagai acuan digunakanlah perkiraan jumlah biaya perbaikan *Repair* dari pihak ketiga. Berikut adalah tabel 2.6 *Maintenance Cost per Well* oleh pihak ketiga:

Tabel 2.6 *Maintenance Cost Hydraulic Pumping Unit* dari Perbaikan Kontraktor

DESKRIPSI	MAINTENANCE COST PER WELL (Rp)	KETERANGAN
<i>PUMP</i>	240.000.000	<i>Repair cost by third party</i>
<i>Hydraulic Unit</i>	110.000.000	<i>Repair cost by third party</i>
TOTAL :	350.000.000	

Sumber: (BOB PT.BSP-Pertamina Hulu Siak)

Tabel diatas merupakan analisa anggaran (*Cost*) *Repair* untuk per-*well* dalam Rupiah berdasarkan perbaikan dari kontraktor pihak ketiga setiap *unit* baik itu Pompa dan *Hydraulic Pumping Unit*. Sementara, anggaran dari perusahaan untuk HPU *Repair* tahun 2017 hingga 2019 adalah sebesar Rp. 14.000.000.000.

Berikut adalah analisa anggaran per-*well* untuk mengetahui berapa sumur yang dipasang HPU *Unit Repair* dan *Rerun* tahun 2017 hingga 2019.

Sesuai dengan Optimasi biaya perusahaan oleh pihak ketiga untuk satu sumur HPU *Repair* sebesar Rp 350.000.000, Maka:

$$\text{Total Biaya Optimasi} = \text{Biaya Optimasi} * \text{Jumlah Wells} \quad (51)$$

Sehingga, Defisit (Kekurangan):

$$\text{Defisit} = \text{Total Biaya Optimasi} - \text{Budget for HPU Repair} \quad (52)$$

Jika ditinjau dari *Budget* HPU *Repair* untuk me-*Repair* total jumlah sumur, maka *Budget* untuk satu sumurnya sebesar:

$$\text{Biaya Repair per Well} = \text{Budget for HPU Repair} : \text{Jumlah Wells} \quad (53)$$

Sehingga, dari biaya HPU *Repair* yang ada sebesar Rp jika dibandingkan dengan biaya Optimasi persumur sebesar Rp 350.000.000 maka hanya mampu me-*Repair* sumur sebanyak:

$$\text{Jumlah Repair} = \text{Budget for HPU Repair} : \text{Rp 350.000.000} \quad (54)$$

$$\text{Persentase} = \text{Jumlah Repair} : \text{Jumlah Wells} * 100\% \quad (55)$$

Lalu, sementara biaya hanya mampu merepair beberapa sumur, Maka dari itu *Rerun* (*Minor Service*) menjadi alternatif guna menghemat biaya serta memaksimalkan *Cost Reduction*, dimana:

$$\text{Jumlah Rerun} = \text{Jumlah Wells} - \text{Jumlah Repair} \quad (56)$$

$$\text{Persentase} = \text{Jumlah Rerun} : \text{Jumlah Sumur} * 100\% \quad (57)$$

BAB III

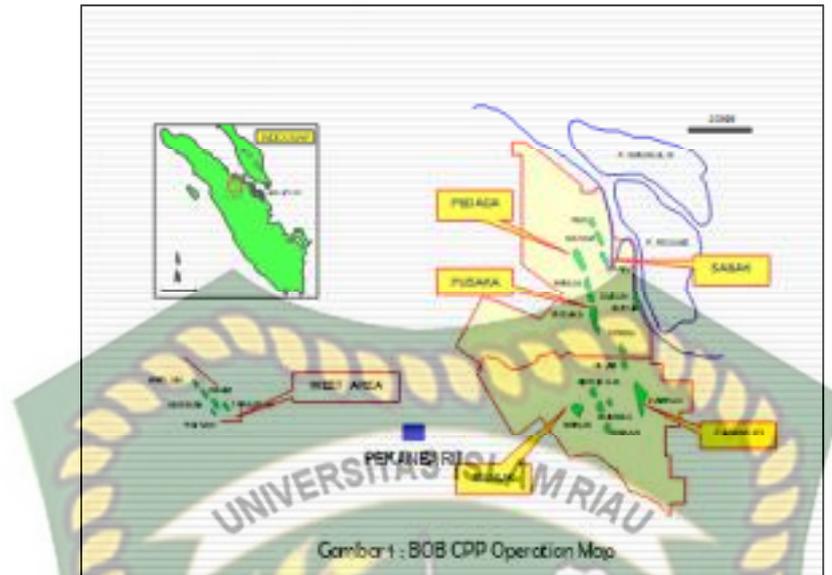
TINJAUAN LAPANGAN

Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu terletak di Kabupaten Siak, Riau. Terdapat 26 lapangan produksi dan terbagi dalam 3 (tiga) area, yaitu Zamrud Area, Pedada Area, dan *West* Area di wilayah kerjanya.

3.1 Letak Geografis dan Sejarah Area BOB (PT. BSP-Pertamina Hulu)

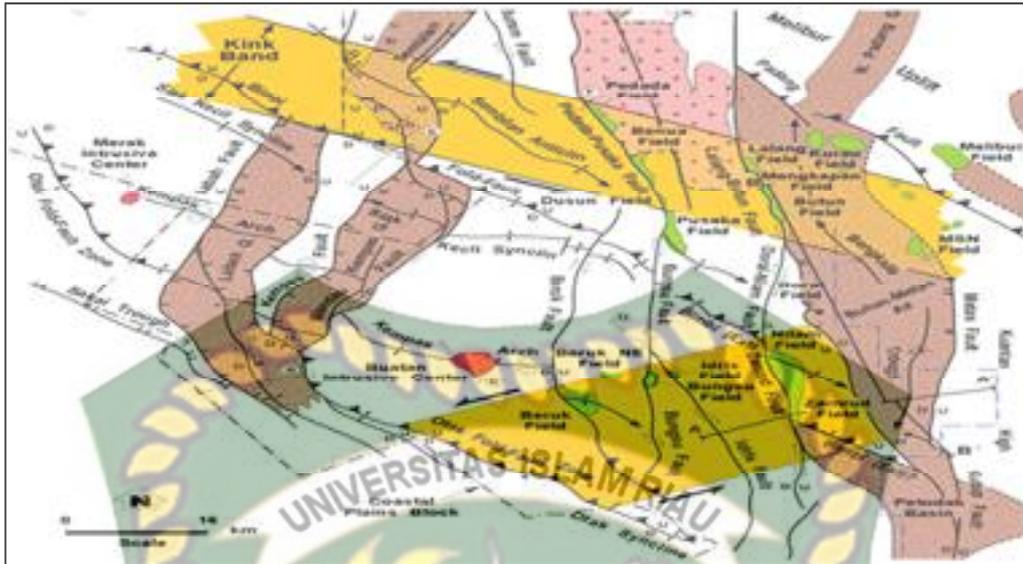
Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu merupakan peninggalan sekaligus warisan dari PT. Caltex Pacific Indonesia, yang sejarahnya dimulai pada tahun 1972 di Kasikan. Setelah itu mulailah ditemukan lagi sumur-sumur baru seperti sumur di Pedada yang ditemukan pada tahun 1973, berlanjut dengan ditemukannya sumur di Zamrud area pada tahun 1975, dan berlanjut ke sumur – sumur lainnya di berbagai lapangan. Badan Operasi Bersama (BOB) PT. Bumi Siak Pusako (BSP)-Pertamina Hulu terbentuk dari tumbuhnya kesadaran untuk memberikan porsi yang seimbang bagi pemerintah daerah untuk menikmati dan mengelola hasil sumber daya alam daerahnya. Kewenangan pengelolaan ini diserahkan kepada PT. Bumi Siak Pusako (BSP) dan PT. Pertamina Hulu dari pemerintah Republik Indonesia melalui BPMIGAS.

Secara geografis lapangan ini terletak di bagian Timur Cekungan Sumatera Tengah yang merupakan salah satu cekungan tersier di Pulau Sumatera. Kerangka tektonik Sumatera merupakan busur magmatik yang berhubungan dengan Lempeng Indo - Australia terhadap Lempeng Eurasia pada arah N 6°. Wilayah kerja BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu dengan luas sebesar 9.135,06 km² terletak di propinsi Riau yang tercakup dalam Kabupaten Siak, Bengkalis, Kampar Rokan Hulu. Lokasi-lokasi area produksi BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu digambarkan dalam gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Operation Map BOB (Sumber: BOB PT. BSP – Pertamina Hulu Siak)

Pada umumnya struktur tanah di lapangan BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu adalah gambut, oleh karena itu setiap tahunnya ketinggian struktur tanah cenderung menurun. Pada sekitar tahun 1980, program pengembangan lapangan produksi dilakukan untuk mengembangkan lapangan dengan spasi 248 acre dilakukan pemboran 10 sumur pengembangan. Tahun 1981, sebanyak 4 sumur kembali dibor. Yang terdiri dari 2 sumur deliniasi dan 2 sumur *infill* (@ 62 acre). Metode produksi pada sumur di BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu semuanya adalah *Artificial Lift*, dengan pengelolaan operasi produksi *zero discharge water* dan sebagian besar menggunakan ESP (*Electric Submersible Pump*). Peta lokasi area BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu secara luas dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Peta Lokasi & Struktur *Framework* Lapangan (Sumber: BOB PT. BSP – Pertamina Hulu Siak)

Pedada Area memiliki 201 sumur yang semuanya aktif memproduksi. Sumur *vertical* banyak dijumpai pada Pedada Area, dimana area ini adalah sumur-sumur yang dangkal. *Target Depth* di Pedada Area berkisar antara 600 ft hingga 800 ft MD. *Payzone* Pedada Area terdapat pada formasi Bekasap, karena mayoritas *sandstone* ada pada zona Bekasap. Zamrud Area memiliki 164 sumur aktif memproduksi, dimana kebanyakan sumur pada Zamrud Area adalah sumur *directional*. *Directional drilling* yang dilakukan untuk mencapai *payzone* pada Zamrud Area rata-rata berjenis J-Type. *Target Depth* di wilayah ini termasuk dalam, yaitu antara 2000 ft hingga 3000 ft MD. Zona target area ini sama seperti di Pedada Area, yaitu terdapat pada formasi Bekasap. Pengeboran pada Zamrud Area menggunakan metode *Directional Drilling* karena Zamrud Area termasuk kedalam kawasan hutan lindung dan suaka margasatwa. Oleh karena hal tersebut, sulit untuk mendapatkan perizinan pembebasan lahan, sehingga *horizontal drilling* dan *directional drilling* adalah salah satu jalan untuk mendapatkan zona target hidrokarbon.

Lalu yang ketiga adalah *West Area*, memiliki 37 sumur, dimana setiap sumur pada lapangan – lapangan ini adalah sumur aktif memproduksi. Pengeboran yang dilakukan di *West Area*, pada beberapa sumur menggunakan metode *Horizontal Drilling*. *Target Depth* pada *West Area* juga dalam, yaitu sekitar 2000

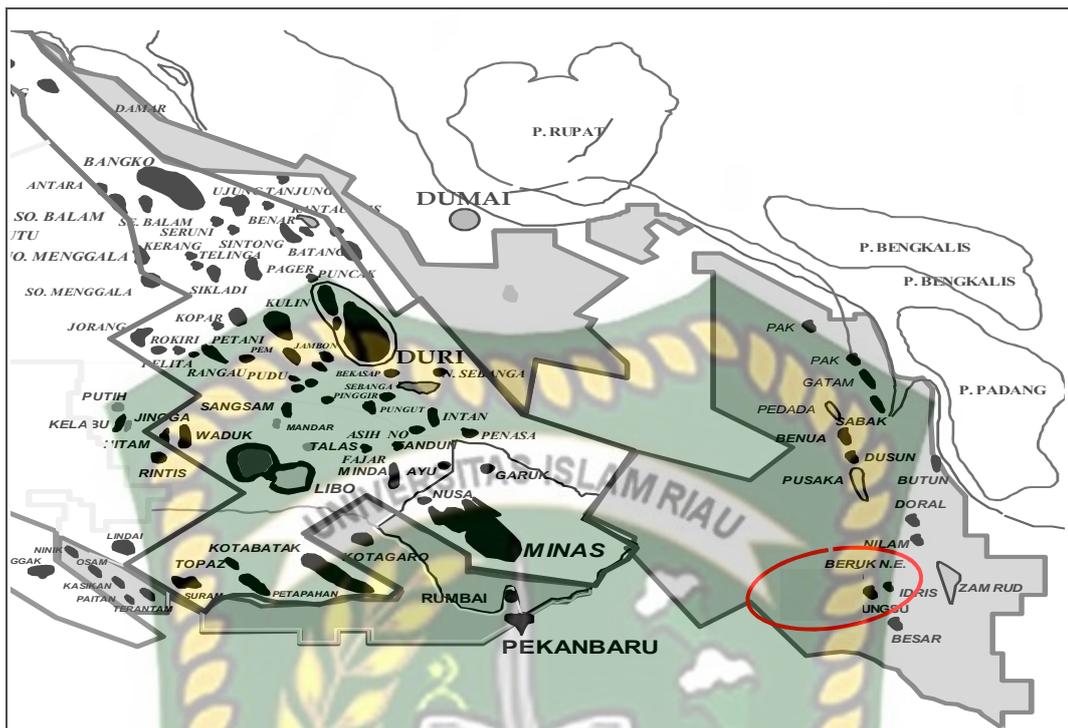
ft hingga 4000 ft MD. Dan zona target pada daerah ini juga sama seperti Pedada Area dan Zamrud Area, yaitu ada pada formasi Bekasap. Total produksi atau *cummulative production* BOB PT. Bumi Siak Pusako - Pertamina Hulu dari tiga area tersebut fluktuatif, yaitu berkisar 13000-16000 BOPD.

3.2 Sejarah Lapangan Mubarak

Lapangan Mubarak adalah salah satu lapangan minyak yang dikelola oleh BOB PT. BSP – Pertamina Hulu dengan sistem bagi hasil (*Production Sharing*) dengan pemerintah Indonesia. Lapangan ini merupakan salah satu aset lapangan didalam blok milik BOB PT.BSP-Pertamina Hulu. Secara Administrasi terletak di Kabupaten Siak Sri Indrapura, Provinsi Riau. Dulunya lapangan ini dikelola oleh PT Caltex Pasific Indonesia (2002). Lapangan ini bagian dari termasuk kedalam Blok Cekungan Sumatera Tengah. Lapangan ini ditemukan pada tahun 1978 yang mempunyai 2 formasi reservoir. Lapangan Mubarak diproduksi dimulai pada tahun 1984 dan memiliki 14 sumur produksi.

Produksi lapangan Mubarak semuanya berasal dari lapisan alva *sand* dengan kedalaman berkisar antara 1771ft sampai 2025 ft. Sejak pertama ditemukan hingga sekarang jumlah sumur yang sudah dibor mencapai 42 sumur, dengan 42 sumur yang menghasilkan minyak sebesar 87.89 Mbo. Lapangan Mubarak memiliki 42 sumur produksi, 12 sumur injeksi, 1 sumur disposal serta 1 fasilitas *Gathering Station* (GS). Total produksi fluida 55.072 BFPD (2018) dimana jumlah air yang terproduksinya mencapai 48.075 BWPD.

Air yang terproduksi ini sebagian diinjeksikan ke sumur-sumur injeksi guna meningkatkan produksi minyak, sebagiannya lagi dibuang ke sumur disposal. Untuk mengatasi meningkatnya jumlah air pada sumur produksi dilakukan beberapa metode salah satunya dengan menggunakan metode *Water Shut Off*. Hingga saat ini metode *Water Shut Off* menggunakan CPA dan *squeeze off & reperforated* telah banyak diterapkan di BOB PT.BSP-Pertamina Hulu. Pompa yang digunakan untuk sumur produksi adalah *Electrical Submersible Pump/ESP*, *Progressing Cavity Pump/PCP*, dan *Hydraulic Pumping Unit/HPU*.



Gambar 3.3. Lokasi Lapangan Mubarak (Sumber: BOB PT. BSP – Pertamina Hulu Siak)

3.3 Stratigrafi Cekungan Sumatra

Menurut Mertosono dan Nayoan, 1974 (dalam Heidrick and Aulia, 1993) unit Stratigrafi Tersier regional Cekungan Sumatra Tengah dibagi menjadi lima unit, yang berumur dari Kala Paleogen sampai Kuartar. Kelima kelompok tersebut yaitu Formasi Pematang, Kelompok Sihapas, Formasi Telisa, Formasi Petani dan terakhir Formasi Minas. Untuk lapangan Mubarak, terdiri dari Kelompok Sihapas yaitu Formasi Bekasap dan Formasi Bangko.

1. Formasi Bekasap

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Bangko pada lingkungan *estuarine intertidal*, *inner-neritic* sampai *middle/outer neritic* (Dawson, et.al, 1997) dan mempunyai kisaran umur dari akhir N5 sampai N8. Litologi penyusunnya adalah batu pasir *glaukonitan* di bagian atas serta sisipan serpih, batu gamping tipis dan lapisan batu bara. Ketebalan formasi ini sekitar 1300 ft.

2. Formasi Bangko

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Menggala dan berumur N5 atau *Miosen Awal*. Lingkungan pengendapan Formasi ini

adalah *open marine shelf* dipengaruhi oleh *intertidal* dan laut. Litologinya berupa serpih abu-abu bersifat gampingan, berselingan dengan Batupasir halus sampai sedang. Ketebalan formasi ini mencapai 300 ft.

3.4 Kondisi Geologi Lapangan Mubarak

Dari sejarah Geologi dan struktur bumi lapangan minyak Mubarak berada pada cekungan Sumatera Tengah. Disebelah barat daya cekungan tidak simetris dibatasi oleh sesar serta singkapan batuan pra-tercier yang terangkat sepanjang kaki pengunungan Bukit Barisan. Disebelah timur laut dibatasi oleh ketinggian lelung dan suatu dataran tinggi yang terletak sejajar dengan pantai timur Sumatera sedangkan sebelah utara dan barat laut dibatasi oleh tinggian Asahan, disebelah barat laut Pekanbaru cekungan ini dibatasi oleh batuan pra – terciar.

3.5 Karakteristik Lapangan Mubarak

Secara umum perangkat minyak bumi (*reservoir map*) pada lapangan minyak Mubarak merupakan kombinasi antara lipatan dan patahan (*anticlin* dan *fault*) sedangkan tenaga pendorong alamiah *reservoirnya* adalah air (*strong water drive*). *Reservoir* Mubarak terjebak pada perangkat *antiklin* atau patahan.

3.5.1 Lingkungan Pengendapan

Analisa lingkungan pengendapan sangat penting untuk diketahui dalam menentukan karakteristik *reservoir* karena berhubungan dengan distribusi, *continue*, dan heterogenitas batuan *reservoir*. Lapangan Mubarak merupakan *reservoir* batu pasir hasil pengendapan delta yang terdiri dari *channel* dan *bar*. Lingkungan pengendapan delta adalah hasil pengendapan yang terjadi dimana sungai menyalurkan bahan-bahan sedimennya ke dalam suatu wadah air yang besar, biasanya laut. Pada saat bahan sedimen bergerak dari sungai ke laut, terjadi pengendapan beberapa batuan karena pengaruh arus, sehingga terbentuk *channel* dan *bar*.

3.5.2 Karakteristik *Reservoir* dan Fluida

Adapun karakteristik dari *reservoir* dan fluida pada lapangan Mubarak dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Karakteristik *Reservoir* Dan Fluida Lapangan Mubarak

<i>FIELD</i> :Mubarak				
<i>RESERVOIR AND FLUID DATA</i>				
		1	2	3
<i>AREA, RESERVOIR</i>	ACRES	64	15	15
<i>DEPTH OF PAY, AVG</i>	FT	4	31	84
<i>OIL/WATER CONTACT</i>	FT	1,585	1,583	1,576
<i>RESERVOIR DRIVE</i>		<i>WATER</i>	<i>WATER</i>	<i>WATER</i>
<i>POROSITY, AVG</i>	%	32,0	33,0	31,0
<i>SATURATION, WATER, AVG</i>	%	24,0	25,0	27,0
<i>FVF, OIL</i>	RB/STB	1,078	1,078	1,078
<i>PERMEABILITY, AVG</i>	mD	1,350	1,350	2,493

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi *Hydraulic Pumping Unit Rerun* Terpasang Pada Sumur RS#212 Lapangan Mubarak

Evaluasi terhadap HPU *rerun* terpasang sangat penting dilakukan agar dapat mengetahui apakah pompa yang terpasang dapat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan, yang mana hasil dari evaluasi tersebut dapat digunakan untuk perencanaan lebih lanjut dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi pompa dan laju produksi. Optimasi yang dilakukan hanya terbatas pada pompa yang saat ini terpasang pada sumur RS#212 karena optimasi pada pompa terpasang lebih efisien dan menyingkat waktu, dengan tipe pompa HPU EJP 2.25.

Untuk perhitungan *Specific Gravity* fluida campuran, penentuan Beban Percepatan (α), penentuan Efektif *Plunger Stroke* (Sp), dan penentuan *Efisiensi Volumetris* (EV) dapat dilihat pada lembar lampiran I. Berikut adalah tabel hasil perhitungan persentase efisiensi pompa:

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Persentase Efisiensi *Volumetris* Pompa ($EV\%$) Sumur RS#212

Pompa Terpasang	S (Inch)	N (Spm)	Q aktual (BPD)	Q teoritis (BPD)	EV %
EJP 2.25	80	7	68	282,59	24

Dari evaluasi sumur RS#212 yang menggunakan pompa terpasang tipe HPU EJP 2.25 dengan Panjang Langkah pompa (S) 80 inch dan Kecepatan pompa (N) 7 Spm menghasilkan laju produksi sebesar 68 BFPD dengan besar laju produksi teoritis sebesar 282,59 BFPD sehingga diperoleh efisiensi *volumetris* pompa sebesar 24 %, maka untuk itu sumur RS#212 perlu dilakukan optimasi karena laju produksi aktualnya berada dibatas bawah kemampuan pompa yang terpasang sehingga pompa akan mengalami kerusakan serta optimasi untuk meningkatkan laju produksi sesuai dengan yang diharapkan.

4.2 Perencanaan Ulang *Hydraulic Pumping Unit Rerun* Terpasang Sumur RS#212 di Lapangan Mubarak

Optimasi suatu unit pompa *Hydraulic Pumping Unit* (HPU) dibagi menjadi tiga cara. Pertama dilakukan optimasi terhadap pompa *Hydraulic Pumping Unit* (HPU) dengan mengevaluasi dan merubah Panjang Langkah pompa (S) dan Kecepatan pompa (N) dengan tipe pompa tetap, yang kedua optimasi pompa HPU untuk S dan N tetap dengan tipe pompa berubah, dan yang ketiga optimasi pompa HPU untuk S, N dan tipe pompa berubah.

Peneliti mengambil langkah metode yang pertama yaitu merubah Panjang Langkah pompa (S) dan Kecepatan pompa (N) dengan tipe pompa tetap karena ingin mengoptimalkan penggunaan HPU *Rerun* terpasang tanpa harus mengganti pompa. Hal ini dilakukan guna menghemat cost perbaikan dan *operational*, namun tetap mampu memberikan performa yang sangat handal.

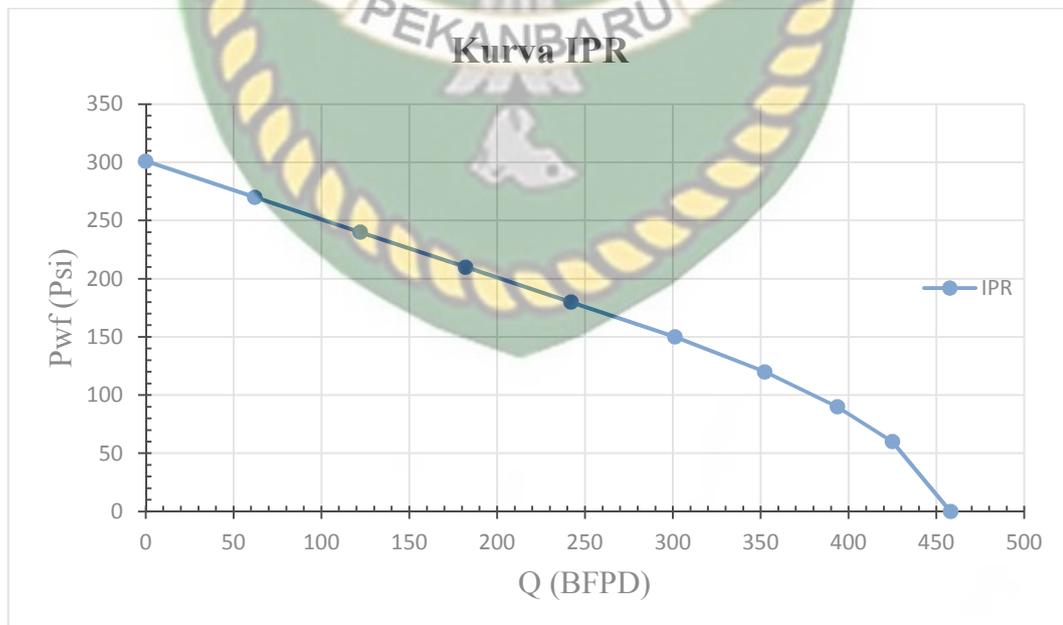
Optimasi HPU *Rerun* dengan melakukan desain ulang yaitu mengubah S dan N, tipe pompa tetap. Optimasi Panjang Langkah pompa (S) dan Kecepatan pompa (N) dilakukan dengan mengubah panjang langkah pompa dan panjang langkah per menit pompa pada pompa HPU *Rerun* tersebut, dimana pada evaluasi tersebut menggunakan tipe pompa yang terpasang di sumur RS#212 yaitu dengan menggunakan pompa EJP 2.25. Pertama, dengan penentuan tekanan *Reservoir* atau tekanan statis sumur (P_s), tekanan alir dasar sumur (P_{wf}), *Productivity Index* (PI), dan laju alir maksimum (Q_{max}) dapat dilihat pada lembar lampiran II. Kemudian membuat kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) menggunakan metode kombinasi Vogel dengan mengasumsikan beberapa nilai tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) terhadap laju alir (Q).

Berikut adalah hasil beberapa asumsi Pwf terhadap Q:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan berbagai asumsi Pwf terhadap Q

No	Pwf (Psi) asumsi	Q (BFPD)
1	0	458
2	60	424,94
3	90	393,56
4	120	352,32
5	150	301,2
6	180	242
7	210	182
8	240	122
9	270	62
10	301	0

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas, maka dibuat grafik kurva IPR dari hubungan berbagai asumsi harga Pwf dengan Q ditunjukkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 4.1 Kurva IPR hubungan asumsi Pwf dengan Q

Kemudian penentuan optimasi pompa dengan perhitungan *Pump Intake* untuk parameter S dan N dengan perhitungan konstanta a, b dan c dapat dilihat pada lampiran II. Maka diperoleh persamaan:

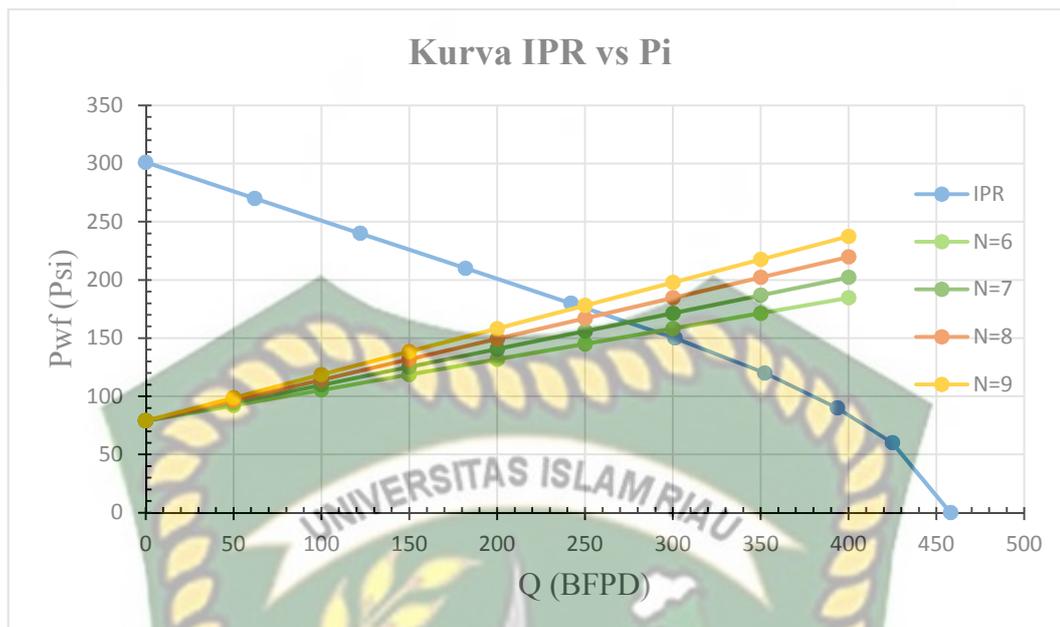
- a. Untuk harga N : $P_i = 78,96 + (0,044 N) Q$
- b. Untuk harga S : $P_i = 78,96 + (0,093/S) Q^2$

Kemudian membuat kurva *Pump Intake* untuk harga N dengan mengasumsikan beberapa nilai N dan Q. Berikut hasil P_i dari beberapa asumsi nilai N dan Q :

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan *Pump Intake Pressure* terhadap N dan Q

Q (BFPD)	P_i @N=6	P_i @N=7	P_i @N=8	P_i @N=9
0	78,96	78,96	78,96	78,96
50	92,16	94,36	96,56	98,76
100	105,36	109,76	114,16	118,56
150	118,56	125,16	131,76	138,36
200	131,76	140,56	149,36	158,16
250	144,96	155,96	166,96	177,96
300	158,16	171,36	184,56	197,76
350	171,36	186,76	202,16	217,56
400	184,56	202,16	219,76	237,36

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas, maka dibuat grafik hubungan untuk berbagai asumsi harga Q terhadap *Pump Intake Pressure* (P_i) versus kurva IPR. Ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



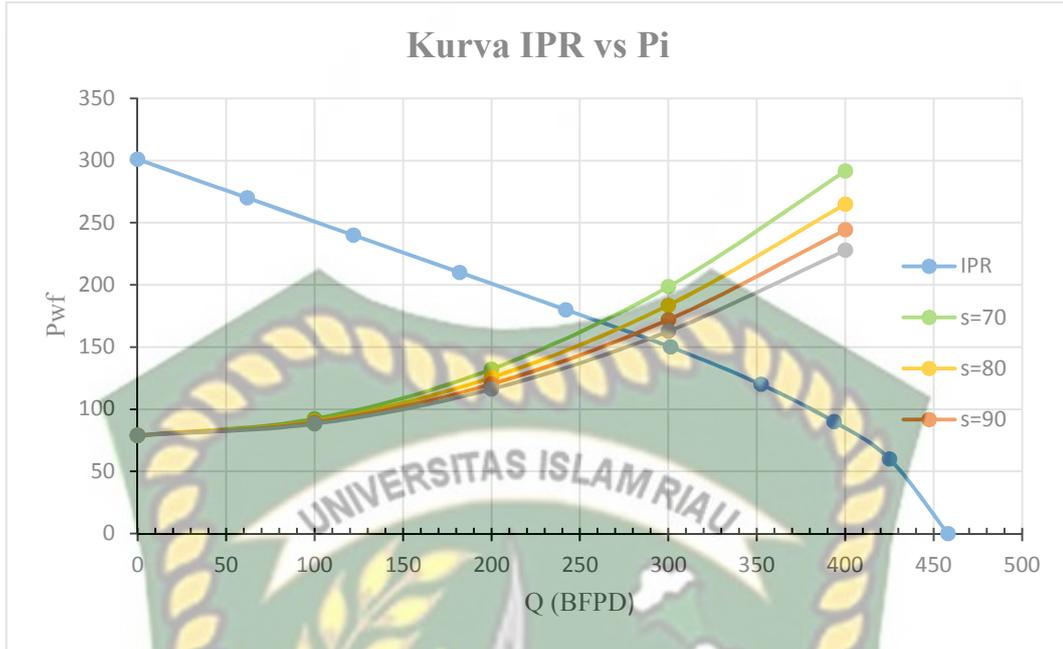
Gambar 4.2 Kurva IPR *versus* Pi untuk N

Kemudian membuat kurva *Pump Intake* untuk harga S dengan mengasumsikan beberapa nilai S dan Q. Berikut hasil Pi dari beberapa asumsi nilai S dan Q :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Pump Intake Pressure* terhadap S dan Q

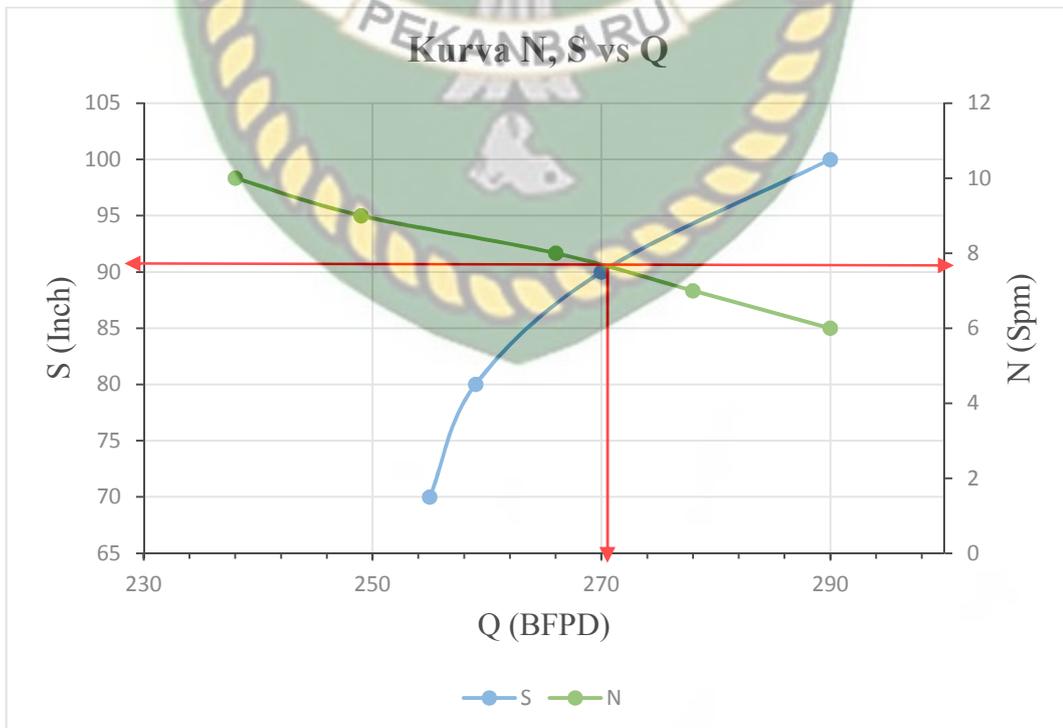
Q (BFPD)	Pi @S=70	Pi @S=80	Pi @S=90	Pi @S=100
0	78,96	78,96	78,96	78,96
100	92,24	90,58	89,29	88,26
200	132,1	125,46	120,2	116,16
300	198,53	183,58	171,96	162,66
400	291,53	264,96	244,29	227,76

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas, maka dibuat grafik hubungan untuk berbagai asumsi harga Q terhadap *Pump Intake Pressure* (Pi) *versus* kurva IPR. Ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.3 Kurva IPR versus Pi untuk S

Dari perpotongan kedua kurva tersebut (Gambar 4.2 dan 4.3) didapatkan pasangan data (Q , N) dan data (Q , S). Plot pasangan data menjadi satu kurva pada skala yang sama, sehingga diperoleh kurva hubungan N dan S terhadap Q seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.4 Kurva N dan S terhadap Q

Dari kurva hubungan N dan S terhadap Q didapatkan hasil kecepatan dan langkah pompa yaitu S 92 Inch, N 7,8 Spm, Q 271 BFPD dan Pwf 172 Psi. Kemudian dari hasil tersebut kembali membuat perhitungan penentuan Efektif *Plunger Stroke* (Sp), Konstanta Pompa (K) dan penentuan *Efisiensi Volumetris* (EV) dapat dilihat pada lembar lampiran II. Berikut adalah tabel hasil perhitungan persentase efisiensi *Volumetris* pompa yang telah dilakukan perubahan terhadap nilai harga dari S dan N:

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Persentase Efisiensi *Volumetris* Pompa (EV%) Sumur RS#212

Sumur	Hasil Evaluasi Kondisi Awal					Setelah Optimasi				
	S	N	Qa	Qt	EV%	S	N	Qa	V	EV%
RS#212	80	7	68	282,59	24%	92	7,8	271	362,87	74%

Pada desain yang telah di optimasi ini, diperoleh laju alir optimum sebesar 271 BFPD dengan efisiensi *volumetris* pompa 74%, sehingga mengalami peningkatan sebesar 50% dari efisiensi *volumetris* pompa terpasang.

4.3 Biaya Perbaikan HPU *Rerun* (*Service* Kecil) dan *Repair* (Perbaikan oleh Kontraktor)

Berdasarkan *Budget* yang tersedia tahun 2017 hingga 2019 untuk perbaikan HPU *Repair*, perusahaan mampu menghemat biaya sebesar Rp 10.500.000.000 dengan adanya *Rerun* (*service* kecil) tanpa harus dilakukan perbaikan oleh pihak kontraktor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Hasil Biaya Perawatan Pompa HPU Berdasarkan Anggaran Tahun 2017 hingga 2019

BERDASARKAN ANGGARAN TAHUN 2017 – 2019		
DESKRIPSI	BUDGET (Rp)	WELLS
HPU REPAIR (Kontraktor)	350.000.000	70
HPU CABLE REPAIR	-	
HPU CREW	-	
MATERIAL HPU	-	
TOTAL ANGGARAN 2018	14.000.000.000	
ANGGARAN YANG DIBUTUHKAN	24.500.000.000	
DEFISIT	(10.500.000.000)	
MAINTENANCE COST HPU 2018		
	200.000.000	Rp/WELL
DENGAN :		
HPU REPAIR		40
HPU RERUN		30

Budget for HPU Repair = Rp 350.000.000

Jumlah Sumur = 70 Wells

Sesuai dengan Optimasi *Budget* Kontraktor untuk satu sumur *HPU Repair* sebesar Rp 350.000.000, Maka:

= Rp 350.000.000 * 70 Wells

= Rp 24.500.000.000 (Pihak Ketiga)

Sehingga, *Defisit* (kekurangan):

= Rp 24.500.000.000 – Rp 14.000.000.000

= Rp 10.500.000.000

Jika ditinjau dari *Budget HPU Repair* sebesar Rp 14.000.000.000 untuk me-*Repair* 70 sumur, maka *Budget* untuk satu sumurnya sebesar:

= Rp 14.000.000.000 : 70 Wells

= Rp 200.000.000 (Jauh dari Biaya Optimasi)

Sehingga, dari *Budget HPU Repair* yang ada Rp 14.000.000.000 jika dibandingkan dengan biaya Optimasi persumur sebesar Rp 350.000.000 maka hanya mampu me-*Repair* sumur sebanyak:

= Rp 14.000.000.000 : Rp 350.000.000

= 40 Wells

Atau:

= 40 Wells : 70 Wells * 100%

= 57,2 % (Resiko Ditanggung Kontraktor)

Lalu, dengan sumur yang lainnya sementara *Budget* hanya mampu merepair 40 sumur, Maka dari itu *Rerun (Minor Service)* menjadi alternatif atau *Second Optional* guna menghemat biaya serta memaksimalkan *Cost Reduction*, dimana:

= 70 Wells - 40 Wells

= 30 Wells

Atau:

= 30 Wells : 70 Wells * 100%

= 42,8 % (Resiko Ditanggung Perusahaan)

Secara harfiah defisit merupakan kekurangan dalam kas keuangan atau bisa juga diartikan sebagai pengeluaran lebih banyak daripada penghasilan. Sehingga perusahaan harus memiliki cara (*second optional*) dari total anggaran perbaikan 2017 hingga 2019 sebesar Rp 14.000.000.000 ini bisa me-*Repair Unit* pompa HPU sebanyak 70 well sehingga pompa dalam keadaan *ready line* atau siap pakai. Namun jika dilihat dari total *budget* Rp 14.000.000.000 dan dibagi dengan 70 well, maka *Repair cost* per-well sebesar Rp 200.000.000 sangat jauh dari biaya optimasi yaitu Rp 350.000.000. Dan dari total anggaran tersebut hanya mampu me-*Repair* sebanyak 40 well jika sesuai harga optimasi yaitu Rp 350.000.000. Sehingga 30 well dimanfaatkan atau dilakukan *Rerun* sebagai *second optional* agar unit pompa *Hydraulic Pumping Unit* kembali *ready line* siap pakai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Evaluasi Penggunaan HPU *Rerun* dalam Mengedepankan *Operational Excellence in Cost Reduction* di BOB (PT. BSP – Pertamina Hulu), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Evaluasi Sumur RS#212 menggunakan pompa EJP 2.25, mempunyai panjang langkah pompa (S) sebesar 80 Inch dan kecepatan langkah pompa (N) sebesar 7 Spm, laju produksinya sebesar 68 bfpd ($q_o = 25$ bopd), laju produksi teoritis 282,59 bfpd, dengan efisiensi *volumetris* pompa sebesar 24 % sehingga perlu dilakukan optimasi pompa HPU tersebut.
2. Dari hasil evaluasi dan perencanaan ulang yang dilakukan pada sumur RS#212, maka HPU *Rerun* mampu menjadi pilihan lain sebelum dilakukan *Repair* atau pergantian pompa. Dengan hasil perhitungan panjang langkah pompa (S) dan kecepatan pompa (N) berubah, tipe pompa tetap EJP 2.25, pada sumur RS#212 diperoleh S sebesar 92 Inch dan N sebesar 7,8 Spm dengan laju produksi sebesar 271 bfpd, dengan efisiensi *volumetris* pompa sebesar 74 % sehingga mengalami peningkatan efisiensi *volumetris* pompa sebesar 50 %.
3. Berdasarkan anggaran perbaikan HPU 2017 hingga 2019, yang seharusnya Rp 24.500.000.000 untuk 70 sumur, mampu dipangkas menjadi Rp 14.000.000.000 tanpa harus me-*Repair* seluruhnya, yaitu dengan mengoptimasi HPU *Rerun* sebanyak 30 sumur yang masih ditemukan masih dalam kondisi baik. Dan HPU yang dilakukan *Repair* sebanyak 40 sumur, sesuai dengan kondisi kerusakan.

5.2 Saran

Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan evaluasi *Rerun* dan *Cost Reduction* untuk tipe pompa lain seperti SRP, PCP dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, S., & Anggarwal, A. (2015). *PCPS c\Coming of Age as a Viable Artificialt Lift Solution For Low API Crude Field*. Manama, Bahrain . SPE 172686-MS.
- Agrawal, S., Nitesh., Baid, R., Gosh, P., & Kushwaha, M. (2015). *Quick Look Methodology for Progressive Cavity Pump Sizing and Performance MOnitoring*. India. SPE 178097-MS.
- Allen, T. O. and Robert, A. P. (1982). *Production Operations* (Vol I). Oil & Gas Consultants International, Inc., Tulsa.
- Bina Wahana Petrindo. (2008). *Hydraulic Pumping Unit (HPU) Manual Book*. Sarolangun, Jambi: Author
- Brown, K.E. (1977). *The Technologi of Artificial Lift Methods* (Vol. 1). Tulsa, Oklahoma; PennWell Publ. Co
- Brown, K.E. (1980). *The Technologi of Artificial Lift Methods* (Vol. 2a). Tulsa, Oklahoma; PennWell Publ. Co
- Brown, K.E. (1984). *The Technologi of Artificial Lift Methods* (Vol. 4). Tulsa, Oklahoma: PennWell Publ. Co.
- Buzarde, L. E, Jr. (1972). *Production Operations Course I – Well Completion*, Society of Petroleum Engineers of AIME.
- Craft, B. C., Holden, W. R., & Graves, E. D. Jr. (1962). *Well Design Drilling and Production“ Prentice Hall*.
- Dale, B. H. (1991). *Production Optimization*, Oli & Gas Consultants International Inc., Tulsa.
- Echometer Company. (2003). *Well Analyzer and TWM Software*. Wichita Falls, Texas, USA.
- Ebrimi, M. (2010). *Enhanced Estimationof Reservoir parameters using Decline Curve Analysis*. Trinidad. SPE 133432.
- Fitrianti. (2013). *Perencanaan Pengangkatan Buatan dengan Sistim Pemompaan Berdasarkan Data Karakteristik Reservoir*. Journal of Earth Energy Engineering ISSN: 2301 – 8097.
- Gupta, S., & Saputelli, L. (2016). *Applying Big Data Analytics to Detect, Diagnose, and Prevent Impending Failures in Electric Submercible Pump*. Dubai. SPE-181510-MS.

- Halliburton. (2013). *High Science Simplified, Dynamic Surveillance System*. Huston, Amerika.
- Jayanti, P., Sudibyoy, R., & Sulistiyanto, D. (2015). *Evaluasi dan Optimasi Pompa Electric Submercible Pump (ESP) Pada Sumur-sumur Di Lapangan X*. ISSN: 2460-8696.
- Musnal, A. (2015). *Optimasi Perhitungan Laju Alir Minyak dengan Meningkatkan Kinerja Pompa Hydraulic pada Sumur Minyak Dilapangan PT. KSO Pertamina Sarolangun Jambi*. ISSN: 2540-9352.
- Nind, T.E.W. (1959). *Principle of Oil Well Production* (Vol 2nd ed.). New York: McGraw Hill Book Co.
- Nind, T.E.W. (1981). *Principles of Oil Well Production* (Vol 4). New York: McGraw Hill Book Co.
- Purwaka, E. (2018). *Perencanaan Ulang Sucker Rod Pump pada Sumur "X" Lapangan "Y"*. ISSN: 2549-8681.
- Purwaka, E. (2012). *Hands Out Kuliah Sucker Rod Pump*. Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta.
- Santoso, A.P. (1998). *Teknik Produksi I*, Jurusan Teknik Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta.
- Sudradjat, S. (2003). *Weatherford : Artificial Lift System*, PT. Catur Khita Persada, Jakarta.
- Sukarno, P. (1990). *Production Optimalization with Nodal System Analysis*. Jakarta.
- Winchy, Alan Putra., Hajim, Mahmud., & Prabu, Ubaidah Anwar. (2015). *Analisa Kinerja PCP Pada Sumur KAS 273, Lapangan Kenali Asam PT. Pertamina EP Aset I Jambi*. Palembang. Jurnal Teknik Kimia No 1, Vol. 21.